

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **OPTIMIZACIÓN SOSTENIBLE EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA PYME DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL INTEGRANDO LAS HERRAMIENTAS DE LEAN GREEN Y ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Javier Sebastian Garate Colonia**

**Código: 20182635**

**Luis Felipe Pichling Villegas**

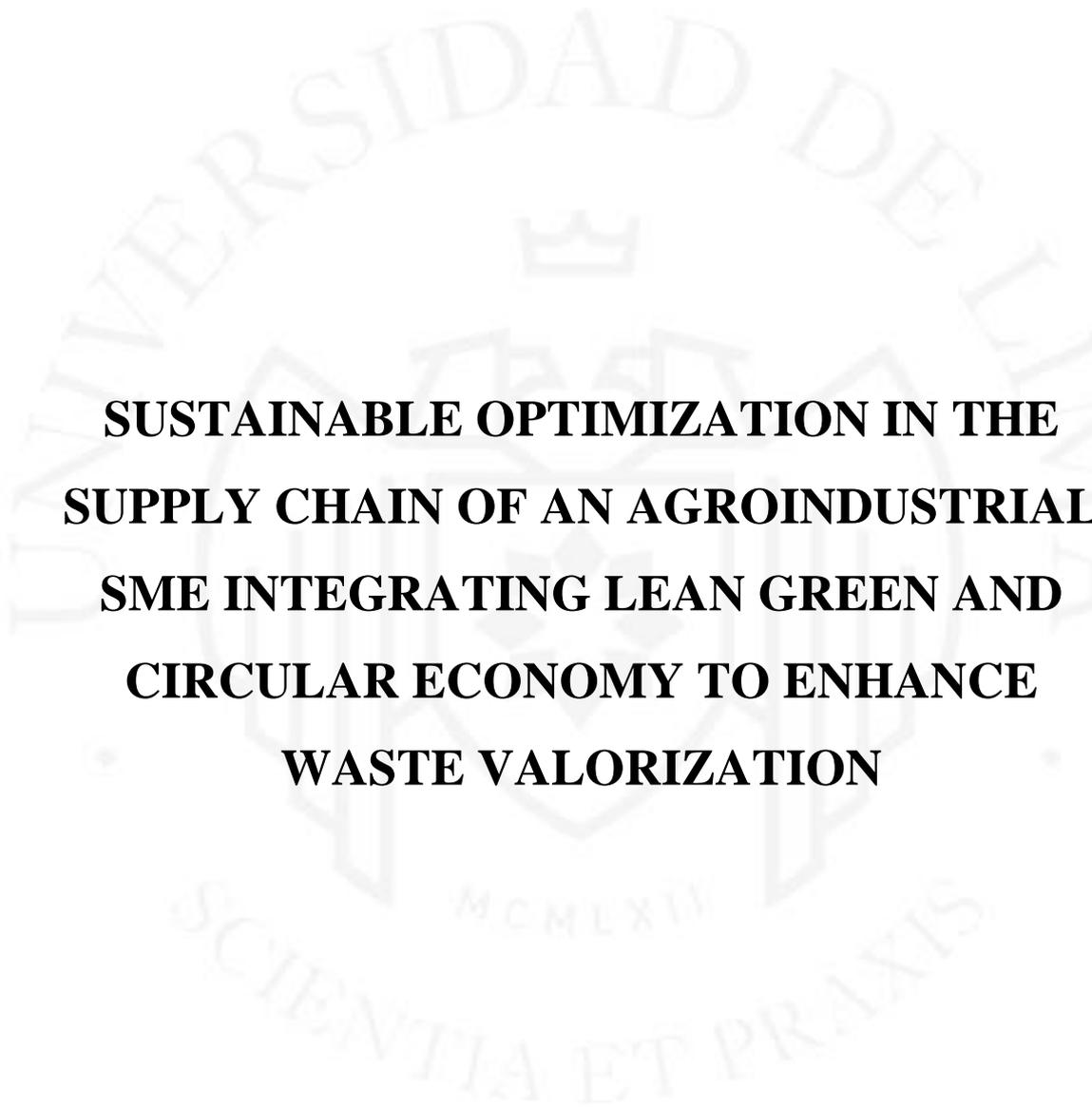
**Código: 20181463**

**Asesor**

**Edilberto Miguel Avalos Ortecho**

Lima – Perú  
Marzo de 2024





**SUSTAINABLE OPTIMIZATION IN THE  
SUPPLY CHAIN OF AN AGROINDUSTRIAL  
SME INTEGRATING LEAN GREEN AND  
CIRCULAR ECONOMY TO ENHANCE  
WASTE VALORIZATION**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática observada .....	1
1.2 Justificación y alcance de la investigación.....	5
1.3 Objetivos de la investigación .....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Hipótesis de la investigación.....	7
1.5 Marco referencial .....	7
1.5.1 Lean Green .....	8
1.5.2 Pyme.....	9
1.5.3 Ecoetiqueta .....	9
1.5.4 Economía Circular.....	10
1.5.5 Digestión Anaeróbica (DA).....	10
1.5.6 Biogás.....	11
1.5.7 Biodigerido.....	11
1.5.8 Sostenibilidad .....	11
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Modelo de trabajo .....	12
2.1.1 Recopilación de información de la empresa.....	13
2.1.2 Diagnóstico de la empresa.....	13
2.1.3 Propuesta de mejora .....	13
2.1.4 Evaluación e implementación de mejora.....	13
2.2 Muestra, población y participantes .....	13
2.3 Criterios de validez .....	14
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>

3.1	Recopilación de la información .....	15
3.2	Diagnóstico de la empresa .....	19
3.3	Propuesta de mejora .....	21
3.4	Propuesta de mejora .....	26
3.5	Simulación de la mejora propuesta .....	27
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variables para el cálculo de la muestra .....	14
Tabla 3.1 Materia prima semanal .....	16
Tabla 3.2 Producción anual proyectada.....	16
Tabla 3.3 Datos recopilados de la producción.....	18
Tabla 3.4 Requerimientos del proceso y producción teórica.....	29
Tabla 3.5 Ingresos pronosticados.....	29
Tabla 3.6 Costos de instalación .....	30
Tabla 3.7 Costos de producción.....	30
Tabla 3.8 Evaluación económica del proyecto (en soles).....	31
Tabla 3.9 Indicadores económicos.....	32
Tabla 4.1 Demanda anual de fertilizantes (toneladas).....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Contribución regional sobre los desperdicios en alimentos y huella de carbón, hídrica y terrestre .....	2
Figura 1.2 Variación porcentual del precio de los fertilizantes .....	4
Figura 2.1 Modelo de trabajo.....	12
Figura 3.1 Disposición inicial de la planta referencial .....	15
Figura 3.2 Ventas anuales de la empresa.....	15
Figura 3.3 Registro fotográfico de la planta .....	17
Figura 3.4 Gráfico de control de pronóstico .....	19
Figura 3.5 Sustainable Value Stream Mapping actual.....	20
Figura 3.6 Proceso de producción de Casa Blanca.....	22
Figura 3.7 Propuesta de alianzas estratégicas .....	23
Figura 3.8 Bosquejo de propuesta.....	24
Figura 3.9 Distribución de planta propuesta.....	25
Figura 3.10 Diagrama de operaciones del proceso de producción de biogás, fertilizante y biol .....	26
Figura 3.11 Sustainable Value Stream Mapping propuesto .....	27
Figura 3.12 Gráfica de probabilidad para la producción de Metano .....	28
Figura 3.13 Análisis de Riesgo en @Risk .....	32
Figura 3.14 Bosquejo de ecoetiqueta.....	33

# **Optimización sostenible en la cadena de suministro de una pyme del sector agroindustrial integrando las herramientas de Lean Green y Economía Circular para la valorización de residuos**

**Javier Sebastián Garate Colonia**

20182635@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

**Luis Felipe Pichling Villegas**

20181463@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

**Resumen:** En la actualidad, el sector agroindustrial está atravesando por problemas de distinta índole. Entre ellos, se encuentran: el aumento inminente del consumo de alimentos causado por el crecimiento poblacional esperado, el alto nivel de mermas en todas las fases de la cadena de suministro y la poca concientización acerca del cuidado del medio ambiente y utilización de recursos. Con ello, las pymes peruanas del sector se ven aún más afectadas por su bajo nivel de competitividad, la falta de cultura de mejora continua y por la informalidad empresarial que existe.

Para el caso de la empresa en estudio, problemas como la disminución de las ventas, agravada por el impacto de la pandemia, y los altos niveles de merma de tallos y hojas, por los procesos de limpieza, cortado y empackado, que aumentan los costos de disposición de mermas por el traslado a ganaderías, han impactado negativamente la situación económica de la organización. Estos desperdicios son recursos valiosos que podrían ser reutilizados, pero que actualmente son desechados. Esta problemática evidencia una oportunidad para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la empresa, en donde la implementación de estrategias de Economía Circular y Lean Green aparecen como una alternativa para la mitigación de estos problemas, transformando los residuos en recursos y redefiniendo los procesos para aumentar la eficiencia en un contexto post-pandémico.

Se propone la reutilización de las mermas del proceso para la elaboración de biogás y de fertilizantes para aumentar el rendimiento y rentabilidad de la empresa, considerando los

ámbitos técnicos, sociales, ambientales y económicos, a través de alianzas estratégicas entre la empresa y ganaderos para obtener los productos necesarios. De esta manera la empresa puede entrar en nuevos mercados y a la vez producir energías limpias que ayuden al cuidado del medio ambiente. Dentro de los resultados obtenidos se tiene un factor de conversión de kg de merma verdura a biogás definido en una distribución normal con una media de 0.3152 m<sup>3</sup>/kg de sólido volátil (VS) y una desviación estándar de 0.1295 m<sup>3</sup>/kg VS. En donde sólido volátil se define como el material que restante tras realizar un proceso de secado. Para la evaluación económica de la instalación de los biodigestores se estima un Valor Actual Neto de S/ 58.2 k al término del quinto año del proyecto, considerando la venta del biol y el fertilizante obtenido por la digestión, además de una cobertura eléctrica de 1.5 meses/año aproximadamente por la conversión de biogás a kW en un generador.

**Palabras clave:** Economía Circular, Lean Green, biogás, biodigestor, sostenibilidad.

**Abstract:** Currently, the agro-industrial sector is facing various issues. Among these are the imminent increase in food consumption caused by expected population growth, important levels of waste across all supply chain phases, and a lack of awareness regarding environmental care and resource utilization. Consequently, Peruvian SMEs in the sector are further affected due to their low competitiveness, a lack of culture of continuous improvement, and the prevalent business informality. To address this issue, the research proposes a model for improvement based on Circular Economy principles and the use of Lean Green for resource management. The proposal involves reusing process waste to produce biogas and fertilizers, aiming to enhance company performance and profitability. This involves considering technical, social, environmental, and economic aspects through strategic partnerships between the company and livestock farmers to acquire the necessary products. This strategy allows the company to enter new markets while producing clean energy that contributes to environmental conservation. The obtained results include a conversion factor from vegetable waste in kilograms to biogas, defined within a normal distribution with a mean of 0.3152 m<sup>3</sup>/kg VS and a standard deviation of 0.1295 m<sup>3</sup>/kg VS. For the economic evaluation of the biodigester installation, a Net Present Value of S/. 58.2k is estimated at the end of the fifth year of the project. This accounts for the sale of biol and fertilizer obtained from digestion,

alongside an electric coverage of approximately 1.5 months/year through biogas conversion to kW in a generator.

**Keywords:** Circular Economy, Lean Green, biogas, biodigester, sustainability.



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problemática observada

En la actualidad, es fundamental tomar conciencia sobre las futuras necesidades de consumo de alimentos, debido a la alta tasa de crecimiento poblacional que existe y el consumo masivo de proteínas de origen animal, verduras y hortalizas (Lamm et al., 2021). La producción de alimentos en el mundo es de cuatro mil millones de toneladas al año, de las cuales cerca del 30 al 50% se terminan convirtiendo en desperdicios en distintas fases de la cadena de suministro, como el cultivo, procesamiento y comercio (Amicarelli et al., 2022). Dentro de las causas principales de pérdidas en el cultivo se encuentran el desconocimiento en prácticas de cosecha y condiciones climáticas variables; por el lado del almacenamiento, se encuentra el inadecuado manejo de la temperatura; en el transporte, se tiene a la incorrecta infraestructura física para el manejo de los materiales; y finalmente, en la producción, se tiene instalaciones inadecuadas y el factor del error humano por la falta de automatización (FAO, 2019). Para dichos problemas, es de vital importancia que se propongan soluciones y planes de acción con la finalidad de aumentar el rendimiento de las empresas agroindustriales.

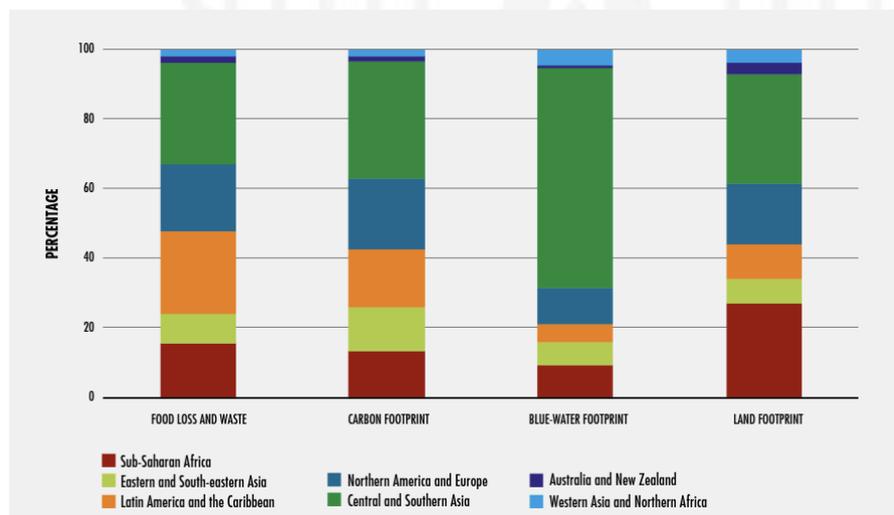
Lo mencionado anteriormente toma mayor importancia, si se le añaden los efectos negativos que trae la generación de residuos no reutilizados en el medio ambiente. Dichos efectos se pueden medir mediante 3 indicadores clave ambientales: huella de carbono, hídrica y terrestre (FAO, 2019). En cuanto al primero, el indicador se mide de acuerdo con la cantidad de dióxido de carbono emitido a lo largo del ciclo de vida del alimento, esto incluye las fases de producción, transporte, procesamiento, distribución y consumo. Este ciclo productivo, junto con la inadecuada disposición de residuos, ya sea por la falta de tratamiento o el uso de vertederos no controlados, son algunas de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI), compuesto principalmente por dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre otros (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2023). Dentro de los alimentos que generan desperdicios, el sector de procesamiento de frutas y hortalizas, representa el 20% del total, solo siendo superado por las raíces, tubérculos y cultivos con el 25% (Magama et al., 2022). Además, este sector, genera aproximadamente el 26% de los gases de efecto invernadero por la obtención de merma de alimentos que son aún comestibles (Amicarelli et al., 2022). Por el lado de la huella terrestre, esta se determina de acuerdo a la superficie necesaria para producir un alimento y ello tiene mayor repercusión si se considera el patrón de crecimiento de la población

mundial, la cual es de 8 mil millones de personas en la actualidad (Naciones Unidas México, 2023), y se estima que, en 50 años, esta crecerá en promedio en 2 mil millones y la necesidad de alimentos será mayor ante este aumento demográfico, con lo que estos problemas se agravarán en el futuro, haciendo que cada vez se necesiten más áreas para la producción (Kazancoglu et al., 2021). Finalmente, la huella hídrica se calcula de acuerdo con la cantidad de agua dulce utilizada para producir y suministrar un producto al consumidor final. La principal fuente de consumo de agua en esta industria es por la irrigación de cultivos, la cual representa el 70% del total de extracciones de agua a nivel mundial (FAO, 2019).

Como se puede apreciar en la Figura 1.1, Asia Central y del Sur, América Latina y el Caribe son las regiones en donde mayor cantidad de desperdicios de alimentos se producen, lo que demuestra que la generación de mermas es un problema latente y que debe ser atendido con urgencia, con la finalidad de evitar agravar los problemas ambientales ya existentes.

**Figura 1.1**

*Contribución regional sobre los desperdicios en alimentos y huella de carbón, hídrica y terrestre*



Nota. De The State of Food and Agriculture, por FAO, 2019 (<https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>).

Según Carvajal et al. (2020), la gran cantidad de desperdicios que se generan en la industria de alimentos repercuten aún más en las pequeñas y medianas empresas (pymes) por la falta de concientización y aplicación de actividades relacionadas con el cuidado del medio ambiente. Dichas empresas suelen en su mayoría tener un problema en común, el cual es el bajo nivel de implementación de la cultura de mejora continua en su organización. Por ello, uno de los problemas principales de este tipo de empresas es la falta de iniciativa para realizar proyectos de mejora, los cuales podrían beneficiarlas incrementando su capacidad de desarrollarse sosteniblemente. Existe una correlación entre el tamaño de las organizaciones y su capacidad para responder por la contaminación ambiental, por ello, mientras más pequeña es la empresa, menos conciencia ambiental y, por lo tanto, menos actividades en relación con el cuidado del medio ambiente. Es importante que las pymes tomen conciencia ambiental si es que su objetivo es aspirar a una transición empresarial hacia la economía circular, modelo el cual permite reutilizar los desperdicios de un proceso para convertirlos en insumo de un producto nuevo. (Brendzel-Skowera, 2021). Para ello, la Comisión Europea ha impulsado una iniciativa llamada “The Green Deal”, en la que se busca el desarrollo de iniciativas que se enfoquen en la valorización de los residuos. Entre las principales actividades se encuentran: el compostaje, la producción de biomateriales y la reutilización de residuos (Donzella et al., 2022).

Ante el aumento de la competitividad de las empresas en la industria de alimentos, las pymes peruanas se encuentran con una gran desventaja debido a que no alcanzan los altos estándares de competitividad, como el fortalecimiento del capital humano, la optimización de la cadena de suministros y la incentivación de inversión privada, en donde se ven sometidas a las restricciones de financiamiento que les impide superar o igualar al mercado. Además, dichas organizaciones deben lidiar con problemas laborales, administrativos, de calidad y de comercialización de sus productos (Benites et al., 2020).

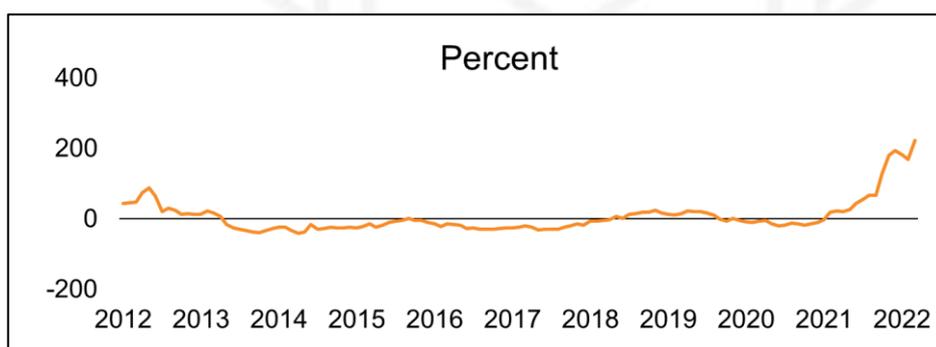
Por otro lado, otro problema importante, con el cual distintas empresas peruanas deben tratar, es la informalidad. Según Silupu et al. (2019), el 50% de las empresas del país son informales, esto debido a diversos factores como los altos impuestos, las regulaciones, los bajos beneficios, los altos costos de entrada al mercado, etc. Es aún más difícil insertarse en el mundo formal si es que las organizaciones cuentan con un alto porcentaje de pérdidas en la cadena de suministro, ya que estas generan costos adicionales los cuales no pueden cubrir. Por lo dicho anteriormente, las empresas peruanas están lejos

de competir con otras industrias (Arroyo, 2020). Ante dichos problemas, se propone que las empresas busquen controlar sus gastos, mediante la identificación de la procedencia de las pérdidas del proceso, ya que, al reconocer el origen, es más fácil encontrar la forma de eliminarlos o disminuirlos, sin afectar la calidad en la actividad que se va a realizar. Con ello, se puede obtener un precio más competitivo en el mercado y lograr que los impactos de fuerza mayor, tales como el fenómeno del niño, crisis política y económica, repercutan en menor medida en las pymes.

Por el lado de la problemática de los materiales, los fertilizantes son indispensables para el crecimiento de la agroindustria, debido a que son sustancias ricas en nutrientes que se utilizan para mejorar las características del suelo para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). En el último año, debido al contexto de la pandemia por COVID-19 y el reciente conflicto entre Rusia y Ucrania, el precio y el nivel de producción de este material se ha visto afectado negativamente y esto ha repercutido directamente en el contexto peruano y para las pymes del sector agroindustrial. Además, según el Banco Mundial, se sabe que el precio de los fertilizantes ha aumentado en más del 200%, en comparación a su precio base, como se puede observar en la Figura 1.2. Esto afecta directamente al sector agrícola porque impide que los cultivos puedan tener el rendimiento apropiado para poder satisfacer las necesidades de demanda de la población.

### Figura 1.2

*Variación porcentual del precio de los fertilizantes*



Nota. De Commodity Markets Outlook, por Banco Mundial, 2022  
(<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37223?locale-attribute=es>. License: CC BY 3.0 IGO)

Ante esta problemática, la brecha de investigación surge en la aplicación de los principios de la Economía Circular en conjunto con herramientas de Lean Green para

obtener mejoras en cuanto a la sostenibilidad y rentabilidad de las pymes en estudio. Esta combinación permitirá unir los beneficios de la economía circular, la cual busca reutilizar los residuos de los insumos utilizados en los procesos productivos, con las distintas herramientas de Lean Green, que permitan identificar en qué etapa se originan las pérdidas más críticas y de qué manera estas se puedan convertir en nuevos productos.

En tanto a la problemática identificada en la empresa agroindustrial peruana, se abre una oportunidad estratégica para incrementar tanto la sostenibilidad como la eficiencia de sus operaciones. En este caso, la inadecuada gestión de los residuos se ha convertido en un obstáculo que impacta negativamente en la sostenibilidad de la compañía. En donde las mermas son distribuidas a distintos ganaderos, para alimentar a sus animales, asumiendo el costo del transporte y consumiendo H-H de los operarios en el apilado de mermas que no generan ningún valor a la empresa. Por otro lado, la caída en las ventas fue otra dificultad por la que tuvieron que pasar durante la pandemia por la disminución del consumo en los restaurantes que utilizan verduras, lo que perjudicó en su momento sus alianzas estratégicas y a futuro disminuyó su oportunidad para crecer e innovar. Sin embargo, estas problemáticas no solo resaltan los desafíos que tienen en la actualidad, sino que también muestra una vía hacia la realización de mejoras significativas en la empresa. La aplicación estratégica de conceptos como el de Economía Circular y Lean Green se presenta como una alternativa innovadora y viable para mitigar estas dificultades, buscando transformar los residuos en recursos que generen valor y construyendo una empresa más sostenible.

## **1.2 Justificación y alcance de la investigación**

La investigación tiene como objetivo aplicar mejoras en los procesos a partir de metodologías y herramientas de ingeniería existentes que se basen en principios técnicos y tecnológicos previamente establecidos o probados por investigadores.

Por otro lado, la incorporación del principio de la Economía Circular en varias empresas ha ido creciendo cada vez más rápido debido al aceleramiento del deterioro del medio ambiente. Esto ha llevado a que se tengan que buscar alternativas al consumo de recursos naturales en grandes cantidades, lo que ayudaría a que se reduzca el impacto negativo sobre el medio ambiente (Brendzel-Skowera, 2021). Además, mediante el uso de este principio, se pueden beneficiar varias empresas en conjunto, como en el caso de

los parques industriales, en los que, los residuos de una industria son utilizados como materia prima de otra. (Abu-Qdais, H. & Kurbatova, A., 2022)

Asimismo, aplicar la metodología de Lean Green puede ser beneficioso para las empresas que necesiten mejorar sus procesos productivos, ya que esta permite reducir los desperdicios, aumentar la productividad y mejorar la rentabilidad. Además, permite establecer una cultura de mejora continua en todas las áreas de la organización al involucrar a todos los colaboradores en la cadena de suministro. Según Rojas-Benites et al. (2021), la aplicación de esta metodología puede reducir los desperdicios hasta en un 50% después de aplicar los cambios y mejorar las ratios financieros considerablemente. (Ojeda-Safra, 2021).

Finalmente, la presente investigación fue realizada de forma práctica ya que, además de considerar información del sector, se contó con acceso a la información e instalaciones de una empresa real peruana, en la cual se simuló las mejoras y su impacto real en la organización en términos de eficiencia, productividad y rentabilidad. Además, se puede dejar registro de los posibles beneficios obtenidos para que otras empresas del sector industrial de alimentos puedan tomar la investigación de ejemplo para la mejora de sus procesos.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Establecer un modelo, basado en un enfoque de proyecto de mejora, con la aplicación de Economía Circular y Lean Green, que incremente la sostenibilidad de una pyme del sector agroindustrial.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Describir el flujo de proceso propuesto a partir de datos históricos y de la herramienta Sustainable Value Stream Mapping (S-VSM).
- Describir el proceso técnico-industrial de aprovechamiento de residuos siguiendo los principios de Economía Circular.
- Evaluar el impacto de la implementación de la mejora a partir de las herramientas Green Lean y de principios de Economía Circular mediante simulaciones, indicadores y casos de éxito.

#### **1.4 Hipótesis de la investigación**

Se define a la hipótesis de investigación en que la implementación de un modelo de mejora, basado en Economía Circular y Lean Green, incrementará la sostenibilidad de las pymes del sector agroindustrial.

#### **1.5 Marco referencial**

Existen herramientas y metodologías que permiten poner en práctica la cultura de mejora continua en la organización, para esta investigación se aplicarán las metodologías de Economía Circular y Lean Green. A continuación, se mencionarán algunas de las investigaciones relacionadas al tema en estudio para definir el marco referencial. Según la investigación de Siegel et al. (2019), en donde se hizo una revisión sistemática de la literatura con el objetivo principal de identificar y analizar datos sobre los desafíos, factores de éxito, herramientas y técnicas, aspectos de sostenibilidad, marcos y beneficios de Lean Green en las pymes manufactureras, se obtuvo como conclusiones que, debido a las restricciones que existen, la implementación de la gestión ecológica en las pymes se puede ver perjudicada, por lo que, es necesario el apoyo de la directiva y de los mismos trabajadores para poder obtener un incremento del valor en aspectos ambientales, sociales y económicos.

En la investigación de Desti et al. (2019), se determinó que la herramienta Sustainable VSM permite evaluar la gestión ecológica dentro de la empresa mediante el cálculo de entradas y salidas en cada etapa del proceso, para así determinar qué fase se encuentra generando más mermas y así se puedan plantear propuestas de mejora para maximizar el rendimiento productivo y evaluar en donde se puede reutilizar cada tipo de desperdicio. Además, la investigación de Atoillah & Hartini (2021) menciona que entre las mejoras que se pueden obtener aplicando la herramienta de Sustainable Value Stream Mapping se encuentran: la reducción de tiempos en la operación, la mejora en la calidad de los productos, el consumo eficiente de materiales y el aseguramiento del cumplimiento de los lineamientos de seguridad y salud en el trabajo, todo esto mediante mejoras en la disposición de las instalaciones, controles de calidad más rigurosos, entrenamiento y formación a los trabajadores, entre otros.

Por otro lado, en cuanto a la aplicación de Economía Circular, se menciona en la investigación de Da Costa (2022), que la Economía Circular no es una herramienta

común en Latinoamérica y el Caribe para optimizar procesos a diferencia de distintos países europeos que han implementado esta herramienta con éxito mejorando la sostenibilidad de las empresas. Esto permite tener una brecha de investigación y una oportunidad para aplicar esta herramienta en países subdesarrollados. En otra investigación, Brendzel-Skowera (2021) concluye que este término es poco conocido en las pymes y, por lo tanto, no se pueden valorar las mejoras que se pueden obtener con su aplicación. Asimismo, menciona que es de fundamental importancia que todas las partes involucradas en el proceso de producción creen una sinergia en cuanto a la aplicación de este principio para que pueda ser aplicado de manera eficiente, esto se podría lograr involucrando a toda la cadena de suministro.

La investigación de Takelar et al. (2023), presenta las diferentes formas de reutilización y procesamiento de residuos de alimentos bajo el enfoque de la Economía Circular. Para los residuos de frutas como uvas, tomates, papas y manzanas, su propuesta consiste en el aprovechamiento mediante los procesos de conversión termo catalítica, fermentación, digestión anaeróbica y conversión termoquímica, en donde se obtienen nano celulosa, etanol, biogás y biocarbón, respectivamente. Este artículo demuestra que procesos pueden ser utilizados para el aprovechamiento de residuos bajo los principios de Economía Circular. Por último, en la investigación de Cela et al. (2023), se demuestra que promover los beneficios ambientales, sociales y económicos de la aplicación de la Economía Circular, pueden impulsar una mejor intención de compra a los productos sostenibles, ya que el consumidor considera este punto como un factor importante al elegir entre marcas.

### **1.5.1 Lean Green**

Se define como un enfoque integrado que tiene como objetivo lograr no solo mejoras financieras u operativas, sino también mejoras ambientales. La integración de Green y Lean puede verse como una nueva oportunidad para que las organizaciones mejoren su desempeño en sustentabilidad. Las organizaciones que implementan simultáneamente prácticas Lean y Green se desempeñan mejor que las organizaciones que se enfocan solo en una de las dos iniciativas (Siegel et al., 2019). Es una metodología que reduce los desperdicios e incrementa la productividad en una organización, considerando la calidad, seguridad y eficiencia en los procesos (Kaneku-Orbegozo, 2019). Una herramienta que

permite velar por la sostenibilidad es VSM, la cual permite detectar actividades que no añaden valor, para así reducir la cantidad de desperdicios y mejorar la rentabilidad y eficiencia del proceso (Khan et al., 2020).

### **1.5.2 Pyme**

Es el sector constituido por las pequeñas y medianas empresas. Las empresas que forman parte de este grupo se caracterizan por tener pocos trabajadores, una gran flexibilidad, ausencia de estandarización y una organización horizontal. Tienen un menor rendimiento que las grandes empresas y, por lo tanto, un menor acceso a financiamiento económico externo (Castillo, 2021). Según la Comisión Europea (2015), las pequeñas empresas están constituidas por aquellas que cuentan con menos de 50 trabajadores y que su balance anual no supera los 10 millones de euros. Por otro lado, las medianas empresas son aquellas que tienen menos de 250 trabajadores y su balance anual no supera los 43 millones de euros. Para el caso de Perú, las pequeñas empresas son aquellas que tienen ingresos mayores a US \$180 mil, pero menores a US \$2.3 millones y las medianas aquellas que están en el rango de 2.3 y 10.5 millones de dólares (Ministerio de Economía y Finanzas, 2022). Este tipo de empresa va evolucionando al pasar de los años y dentro de los principales cambios que se presentan se encuentran la mejora en las concesiones de préstamos, garantías y capital de riesgo por parte de las instituciones financieras europeas, la implementación de programas de apoyo en la investigación y desarrollo, y la creación de servicios generales de asistencia online para las pymes que necesiten asesoramiento en temas de propiedad intelectual e investigación. (Unión Europea, 2021). En el caso de la presente investigación, la empresa es considerada pequeña debido a que cumple con los requisitos definidos anteriormente.

### **1.5.3 Ecoetiqueta**

Las etiquetas ecológicas, también conocidas como ecoetiquetas, son un elemento gracias al cual el consumidor recibe información acerca del producto, como la calidad de sus procesos, sus características y métodos de producción utilizados para reducir los impactos ambientales. Su objetivo es destacar el impacto ambiental que genera el producto, al contar con una producción sostenible, y que los residuos del producto tienen una correcta disposición final. Actualmente, existen más de 121 ecoetiquetas ligadas a productos alimenticios a nivel mundial, lo cual permite brindarle al consumidor una información más detallada y específica acerca del producto que va a consumir. Por ejemplo, existen

ecoetiquetas con logotipos, solo con texto, con calificaciones, entre otros. (Potter et al., 2022).

#### **1.5.4 Economía Circular**

Es un concepto que se define como el ente integrador del funcionamiento de la economía y el medio ambiente, asegurando su coexistencia en equilibrio. Además, busca realizar estrategias industriales y empresariales que permitan la creación de empleos, la prevención de la generación de residuos y el manejo eficiente de los recursos (Geissdoerfer et al., 2017). Además, es vista como una alternativa viable al modelo de negocio abierto y lineal, ya que, al ser un circuito cerrado, los recursos que son desperdiciados son utilizados para convertirlos en algún producto nuevo (Brendzel-Skowera, 2021).

La Comisión Europea estima que la aplicación de la Economía Circular puede generar 600 mil millones de euros anuales en ganancias en el sector manufacturero de la Unión Europea y que, en conjunto con los demás países, se puede obtener una cifra cercana a 1,000, lo cual pone en contexto la importancia económica de su utilización. Entre las principales aplicaciones de esta metodología se encuentran: la reutilización de residuos, tratamiento de aguas residuales, disminución del consumo de energía, etc. (Korhonen et al., 2018). El impacto de la economía circular se puede medir considerando la huella ecológica que dejan las empresas a partir de sus procesos productivos. Tener un bajo índice de este indicador puede significar tener una mejor reputación empresarial y crear afinidad con los clientes, ya que da una imagen de responsabilidad social empresarial. Por el contrario, tener un alto índice, puede significar no solo tener una mala imagen empresarial, sino tener repercusiones económicas y políticas debido a las normas ambientales existentes.

#### **1.5.5 Digestión Anaeróbica (DA)**

Según Magama (2022), la digestión anaeróbica es un proceso en el cual sucede una reacción catalítica, que utiliza como catalizador a organismos microbianos, que busca descomponer, en ausencia de oxígeno, materiales biodegradables. Esta reacción produce biogás, el cual puede ser convertido en energía, y abono, el cual puede ser utilizado para producir fertilizantes. Este tipo de reacción es utilizada para tratar residuos biodegradables, como las verduras y frutas, sin generar un daño en el medio ambiente.

### **1.5.6 Biogás**

Es el producto de la digestión anaeróbica y su mezcla consiste principalmente en dióxido de carbono (30-50%), metano (50-70%) y trazas de sulfuro de hidrógeno, agua, nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono y amoníaco. El biogás puede ser convertido en distintos tipos de fuente energética como calor, electricidad y para combustible. Entre sus distintos usos se encuentran en la cocina, en reemplazo de gas natural, combustibles para vehículos o para utilizar plantas de cogeneración eléctrica. El rendimiento del biogás puede ser mejorado si es que se eliminan los compuestos de CO<sub>2</sub>, vapor de agua y otras impurezas. Se estima un crecimiento del mercado de este producto en 4% para el 2027, ante la problemática ambiental (Magama et al., 2022).

### **1.5.7 Biodigerido**

El biodigerido es la suspensión de efluentes del proceso de producción de biogás, después de terminado el proceso de digestión. Este se usa en su mayoría como fertilizante para aumentar el rendimiento de cultivos (Magama et al., 2022). También puede ser utilizado como bioabono de acuerdo con sus propiedades para la recuperación de suelos degradados (Varnero, 2011).

### **1.5.8 Sostenibilidad**

La sostenibilidad es un principio que se ha construido a partir de 3 pilares: ambiental, económico y social. En primer lugar, para ser sostenible económicamente, es necesario que el sistema de producción con el que se cuenta permita cubrir las necesidades del momento, sin descuidar las necesidades que se puedan producir en el futuro. En segundo lugar, para ser sostenible ambientalmente, será necesario que la preocupación por cuidar el entorno natural y la integridad de este sea una prioridad para la empresa. Esto debido a que, las actividades que realiza no deben afectar a la capacidad del medio ambiente de sustentar la vida humana. Por último, para que una entidad sea sostenible socialmente, será necesario que esta busque, mediante sus actos, disminuir el grado de pobreza y velar por los derechos humanos de todas las personas vinculadas o no vinculadas a la empresa.

## 2. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo empírica, ya que se basa en la recopilación y el análisis de datos medibles, y consiste en la determinación de oportunidades utilizando un enfoque de proyecto de mejora a nivel explicativo en una pyme del sector agroindustrial bajo los principios de Economía Circular y Lean Green. Este enfoque permite identificar problemas, analizar sus causas raíz, proponer modelos de mejora, desarrollarlos e implementarlos para su posterior evaluación.

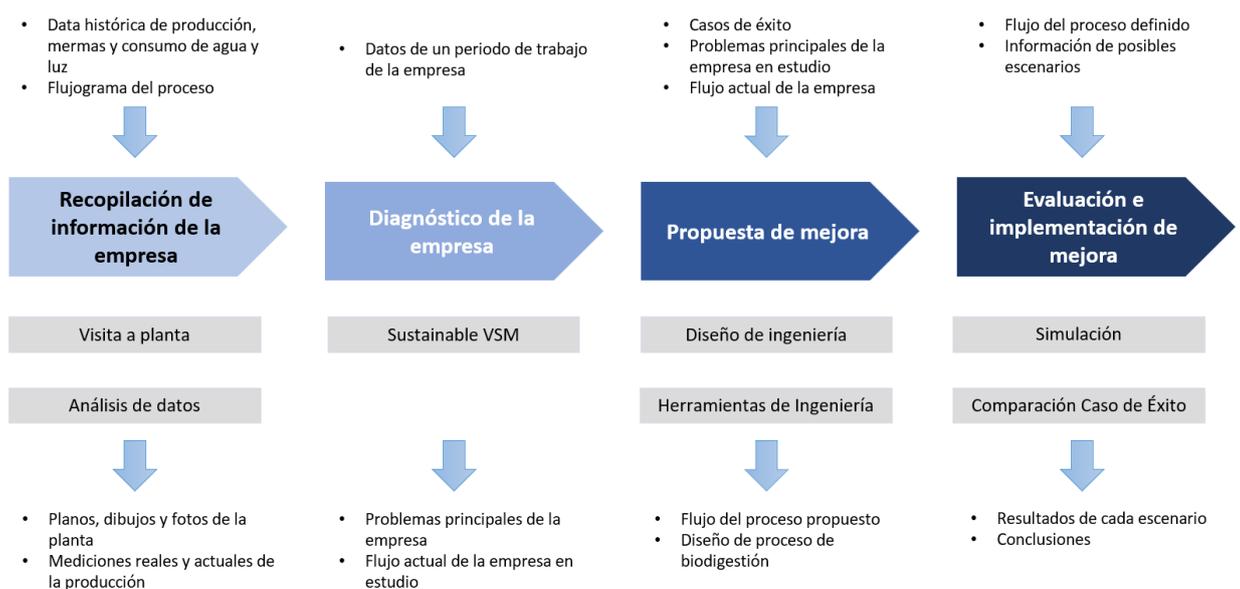
### 2.1 Modelo de trabajo

Esta investigación, de tipo estudio de caso, se realizó en una pyme del sector industrial de alimentos del Perú, la cual se dedica a la producción y empaquetado de verduras y hortalizas para su posterior distribución. Se eligió esta empresa debido a su disponibilidad para visitar sus instalaciones y poder conocer su proceso productivo, además de la oportunidad de poder conocer sus indicadores clave como la productividad, rentabilidad, entre otros.

El modelo de trabajo propuesto para la investigación se puede apreciar en la Figura 2.1, el cual será descrito a continuación.

**Figura 2.1**

*Modelo de trabajo*



### **2.1.1 Recopilación de información de la empresa**

Este proceso inició con la recopilación de datos históricos de la empresa que fueron de utilidad para dar un diagnóstico global de los procesos. Entre los datos más importantes se recopilaron los planos, dibujos y fotos de la planta para conocer acerca de la distribución de las instalaciones y tener una vista amplia del proceso. También un flujograma para conocer los productos, las materias primas y las mermas generadas a lo largo de la cadena productiva. Luego, se obtuvieron los datos acerca de las toneladas producidas, de merma generada, consumo de agua en m<sup>3</sup> y consumo de luz en kWh.

### **2.1.2 Diagnóstico de la empresa**

Para el diagnóstico de la empresa, se recopilaron los datos en un periodo de un mes para poder obtener valores confiables y reales, para así poder estimar correctamente los datos requeridos. Con ello, se elaborará un Sustainable Value Stream Mapping. Este servirá para evaluar los flujos de entrada, salida, sobreproducción y los defectos en el proceso, considerando a todos los actores que forman parte del flujo (Putri & Hartini, 2021). Con la evaluación de dichos datos, se podrá poner en contexto los problemas principales de la empresa y con ello proponer mejoras y planes de acción.

### **2.1.3 Propuesta de mejora**

Después de haber realizado el Sustainable VSM actual de la empresa, se procedió a proponer mejoras de acuerdo con soluciones de ingeniería que puedan facilitar el tratamiento de los problemas hallados. Estas soluciones serán basadas en casos de éxito y tecnologías existentes.

### **2.1.4 Evaluación e implementación de mejora**

Al tener el nuevo flujo del proceso definido, se procedió a validar los métodos de ingeniería descritos anteriormente mediante la justificación técnica de la propuesta, además de realizar simulaciones en programas especializados y finalmente, hacer comparaciones y tomar de base casos de éxito que se asemejen a lo propuesto.

## **2.2 Muestra, población y participantes**

Para el caso, se tomaron datos de una empresa empaquetadora de verduras y hortalizas localizada en el distrito de Huachipa, Lima, Perú. Debido al objetivo de la investigación, se determinó que la unidad de análisis son los días del mes y como población se tiene a

30 días. Para determinar la muestra se utilizó la fórmula de Spiegel y Stephens, utilizando los datos mostrados en la Tabla 2.1. El cálculo dio como resultado un total de 20 días para recoger datos clave para el estudio (Castro & Posada, 2019). Entre los datos a recolectar se encuentran: volumen de producción y volumen de mermas. Para datos adicionales como consumo de energía o agua, se utilizará la información brindada por la empresa.

**Tabla 2.1**

*Variables para el cálculo de la muestra*

Símbolo	Variable	Valor
N	Población	30
Z	Nivel de confianza para 90%	1.65
p	Prevalencia esperada del parámetro a evaluar	0.05
i	Error que se prevé cometer	5%

### 2.3 Criterios de validez

Para poder simular el proceso de mejora propuesto se usaron los softwares Minitab y @RISK. Estos programas están diseñados para validar estadísticamente y simular distintos tipos de procesos, y las variaciones de estos, con la finalidad de encontrar la mejor combinación de variables, sin dañar o generar contratiempos en el proceso real, además de optimizar el proceso para generar la mayor rentabilidad. En este caso, para realizar la simulación, es necesario recolectar los datos mencionados anteriormente.

Por otro lado, el criterio utilizado para la medición de datos fue validado mediante la correcta elección de la muestra representativa. Esta fue realizada por medio del muestreo aleatorio simple, ya que, garantiza que todos los participantes de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos para conformar la muestra representativa, la cual, en este caso, fueron los días del mes en los cuales se realizó la toma de datos (Mekonnen et al., 2021).

Además, se tomó como referencia a un importante caso de éxito para validar el modelo que se planea simular, ya que, al tener experiencia en la producción de biogás y fertilizantes, fue un punto de referencia clave para nuestra investigación para poder tener fundamento técnico, metodológico y tecnológico al realizar las propuestas de mejora.

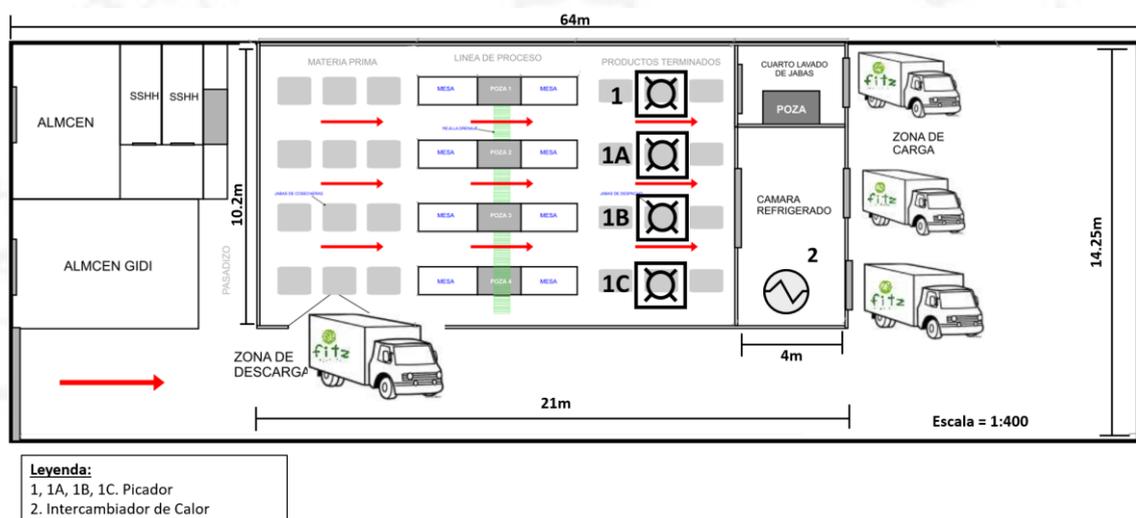
### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Recopilación de la información

Para comenzar con la ejecución del proyecto se solicitó a la empresa información sobre sus instalaciones, indicadores, procesos y gestión de residuos. Al analizar la distribución actual de planta se pudo determinar que no se cuenta con un espacio adecuado en las instalaciones, sino que, por el contrario, el espacio se usa eficientemente de acuerdo con los procesos de descarga, producción y carga de producto terminado. La disposición de las instalaciones compartida se aprecia en la Figura 3.1, en una escala 1:400.

**Figura 3.1**

*Disposición inicial de la planta referencial*



Por otra parte, un dato importante para evaluar la situación de la empresa es las ventas. En los últimos 5 años tuvieron una tendencia variable y visiblemente impactada por el contexto de la pandemia en el año 2020, como se puede apreciar en la Figura 3.2. Esto se traduce en que la empresa necesita buscar alternativas de productos e impulsar otros mercados.

**Figura 3.2**

*Ventas anuales de la empresa*



Asimismo, la empresa cuenta con una demanda estacional de acuerdo con los meses del año, en donde en los meses de diciembre a abril producen aproximadamente 30% más que en los otros meses, debido en su mayoría a las condiciones en las que las verduras crecen. Además, a lo largo de una semana también cuentan con una demanda estacional en donde los lunes, miércoles y sábados, son los días en los que se obtienen más pedidos con un valor de 40% más. Con estos datos, se realizó la proyección aproximada de producción, materia prima consumida y merma generada anual, como se aprecia en la Tabla 3.1 y 3.2, a partir de su rendimiento habitual que estiman en 60% debido a distintas fases de la cadena de suministro.

**Tabla 3.1**

*Materia prima semanal*

<b>Periodo</b>	<b>Materia prima (ton)</b>	<b>Merma (ton)</b>
Lunes	2.52	1.01
Martes	1.8	0.72
Miércoles	2.52	1.01
Jueves	1.8	0.72
Viernes	1.8	0.72
Sábado	2.52	1.01
Domingo	1.8	0.72
<b>Total</b>	<b>14.76</b>	<b>5.90</b>

**Tabla 3.2**

*Producción anual proyectada*

<b>Periodo</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Materia Prima (tons)</b>	<b>Merma (tons)</b>
Enero	83.28	138.79	55.52
Febrero	83.28	138.79	55.52
Marzo	83.28	138.79	55.52
Abril	83.28	138.79	55.52
Mayo	64.06	106.76	42.71
Junio	64.06	106.76	42.71
Julio	64.06	106.76	42.71
Agosto	64.06	106.76	42.71
Setiembre	64.06	106.76	42.71
Octubre	64.06	106.76	42.71
Noviembre	64.06	106.76	42.71
Diciembre	83.28	138.79	55.52
<b>Total año</b>	<b>865</b>	<b>1441</b>	<b>577</b>

También, con la data histórica de la empresa, se determinó que el consumo promedio mensual de luz fue de 3,797.28 kWh. y, con ello, se realizó una proyección anual con un valor de consumo de energía de 53,800 kWh/año y un costo anual de 36,480 soles aproximadamente.

Luego, se realizaron visitas periódicas a la planta para obtener más información en campo acerca de todos los procesos. En dichas visitas se tomaron fotos, se evaluaron los materiales, flujos y necesidades para poder entender el proceso de producción y la gestión de materiales, como se puede observar en la Figura 3.3.

### **Figura 3.3**

*Registro fotográfico de la planta*



En esta visita se identificaron las etapas del proceso, las cuales permitieron determinar más adelante que etapas disminuían el rendimiento y así determinar qué oportunidades de mejora se debían implementar. El proceso inicia con la recolección de materia prima en jabas a partir de cosechadores que se encuentran cerca de la planta. Luego, los materiales se transportan a las instalaciones en donde serán recepcionados y colocados en el almacén de MP para ser enfriados en una cámara de frío. Después de ello, los vegetales y hortalizas pasan a la estación de lavado en donde se sumergen en agua por 1 minuto para eliminar impurezas, seguidamente se sumergen en otra estación de agua que contiene cloro, esta limpieza dura 2 minutos. Luego, se prosigue con el corte de material no apto para el estándar, para después aplicar los antioxidantes. Finalmente, las verduras se empaican y se almacenan en jabas en el almacén de producto terminado a la espera de que los camiones de carga los recojan. Entre los productos finales se tienen una

gran cantidad de verduras y hortalizas como: lechuga, apio, poro, rabanito, col, tomate, cebolla, ají, etc.

En cuanto a la recopilación de los datos, se consideró la muestra de 20 días descrita en el capítulo anterior y se obtuvieron los valores de materia prima, producción y generación de residuos, considerando el rendimiento de 60% estimado por la empresa con respecto a las entradas, como se aprecia en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3**

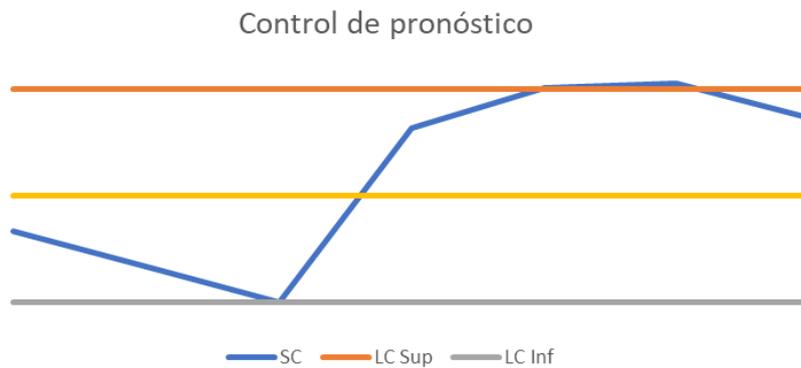
*Datos recopilados de la producción*

N°	Día	Materia Prima (kg)	Producción (kg)	Merma (kg)
1	Lunes	2,750	1,650	1,100
2	Martes	2,000	1,200	800
3	Miércoles	2,500	1,500	1,000
4	Jueves	1,875	1,125	750
5	Viernes	2,125	1,275	850
6	Sábado	2,438	1,463	975
7	Domingo	2,000	1,200	800
8	Lunes	2,375	1,425	950
9	Martes	1,500	900	600
10	Miércoles	2,250	1,350	900
11	Jueves	2,000	1,200	800
12	Viernes	1,750	1,050	700
13	Sábado	2,625	1,575	1,050
14	Domingo	1,500	900	600
15	Lunes	2,375	1,425	950
16	Martes	1,850	1,110	740
17	Miércoles	2,750	1,650	1,100
18	Jueves	2,000	1,200	800
19	Viernes	1,750	1,050	700
20	Sábado	2,450	1,470	980

Con dichos datos, se procedió a realizar una estimación anual de los flujos para compararla con los datos compartidos por la empresa y poder determinar si los datos son confiables y dentro de la variación aceptada en la investigación. Se calculó un promedio por día y se comparó con la data estimada, con lo que se pudo determinar que el proceso es de carácter controlado, ya que se encuentra dentro de los límites de control y, además, es subestimado, ya que la mayoría de los datos se encuentran por encima del pronóstico. Por lo tanto, los datos brindados en el pronóstico son reales y pueden utilizarse para la investigación, como se puede observar en la Figura 3.4.

**Figura 3.4**

*Gráfico de control de pronóstico*



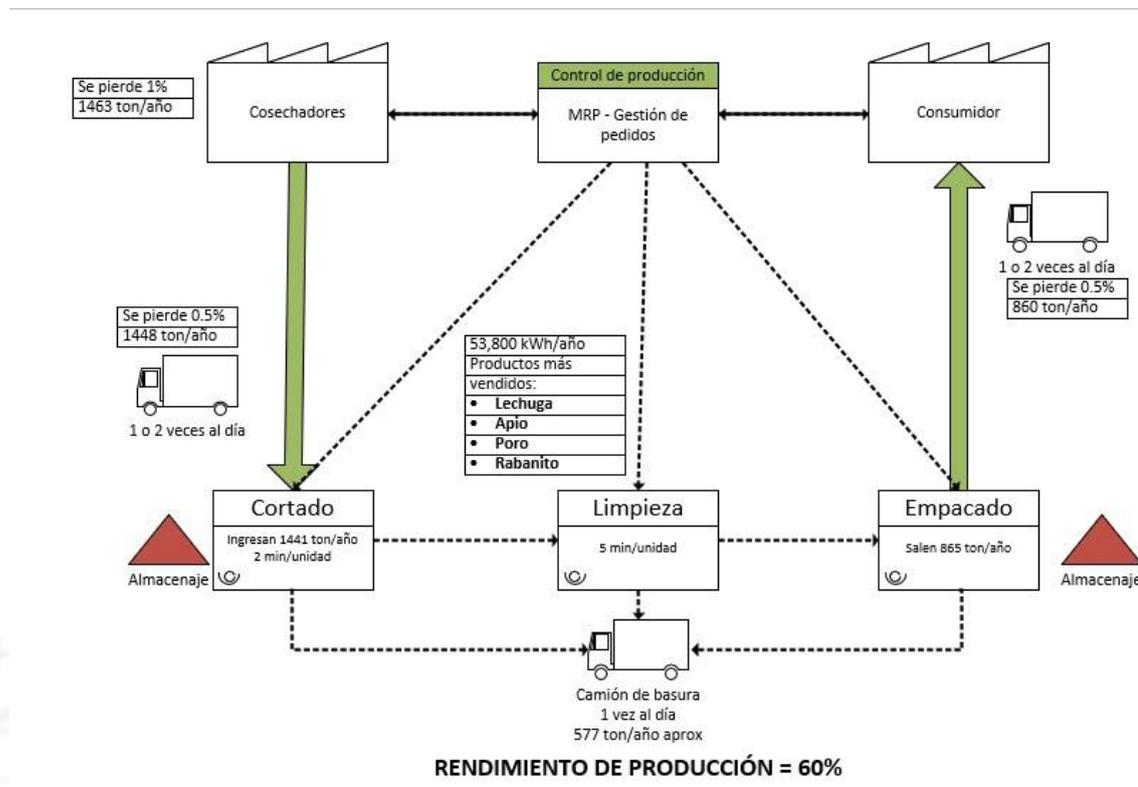
Después de realizar la evaluación del pronóstico brindado por la empresa, se puede decir que es un proceso controlado, ya que se encuentra dentro de los límites de control. Por lo tanto, los datos brindados en el pronóstico son reales y pueden utilizarse para la investigación.

### **3.2 Diagnóstico de la empresa**

Con los datos obtenidos en la recopilación se elaboró la Figura 3.5, en donde se realizó una evaluación de la cadena de suministro mediante la herramienta Sustainable Value Stream Mapping, en donde se aprecia que la mayor pérdida de material se encuentra en la fase de producción en donde se tiene un rendimiento de 60%. En las fases de transporte y almacenamiento en total se estiman un 2% de generación, por lo que son despreciables. Se puede determinar que la entrega total de producto terminado, considerando todas las posibles pérdidas es de 860 ton/año y la generación de merma estimada en 577 ton/año.

**Figura 3.5**

*Sustainable Value Stream Mapping actual*



Luego de evaluar las distintas fases del proceso, mediante el uso de datos históricos y la recopilación de nueva información, se determinó que las principales oportunidades de mejora halladas fueron:

- Se tiene una inapropiada gestión de los residuos debido a que no cuentan con ningún proceso para reutilizar las mermas de las verduras.
- No se tiene una cultura de mejora continua, debido a que los procedimientos no han pasado por ningún cambio considerable en los últimos años.
- La empresa no cuenta con un plan de expansión de su cartera de productos y se encuentra limitada a la venta de verduras empaquetadas, la cual tiene una demanda muy variable y estacional y no permite tener una clara visibilidad de las ventas proyectadas.

Con ello, se evaluaron distintos planes de acción de acuerdo con el rubro de la empresa en estudio. Se determinó que, entre las oportunidades de mejora encontradas, existe una gran oportunidad en cuanto la utilización de las mermas del proceso, ya que,

al ser material orgánico, se pueden utilizar para distintos procesos de producción.

### **3.3 Propuesta de mejora**

Luego de realizar el diagnóstico de la empresa, se identificó la principal oportunidad de mejora en el gran volumen de merma obtenido durante el proceso de producción. Esta merma está compuesta por residuos orgánicos como hojas de lechuga, tallos de apio, hojas de poro, etc.

Según la FAO (2019), existen distintas maneras de gestionar este tipo de residuos, tales como la elaboración de biogás y fertilizantes, ambas por la descomposición anaeróbica de los materiales orgánicos. Estos métodos fueron seleccionados para la presente investigación.

Con la elaboración de biogás, se apunta a poder cubrir las distintas demandas de energía en la cadena de suministro, y, con los fertilizantes, se busca entrar a nuevos mercados donde se pueda generar ingresos significativos para la empresa, además de poder favorecer a los cosechadores del punto inicial de la cadena de suministro. Existen distintos métodos para la elaboración de fertilizantes y biogás, por ello, se tomó en consideración un caso de éxito desarrollado en el Perú de cómo se realiza este proceso y así poder replicarlo, con las variaciones que sean necesarias.

Se tomó como ejemplo de caso de éxito el Fundo Casablanca, ubicado en el distrito de Pachacamac, en la provincia de Lima. En este, se pudo conocer el proceso a detalle y las consideraciones necesarias que se deben tomar en cuenta para definir la composición de las materias primas. Además, se pudo conocer los productos que se obtienen a partir del uso de un biodigestor, los cuales fueron: biol, bioabono y biogás. Se pudo concluir de las visitas que, el biol y el bioabono son fertilizantes que sirven para nutrir distintos cultivos o para recuperar suelos. Por otro lado, el biogás, tiene múltiples usos, entre los cuales el más significativo es el de alimentar un generador de energía y así proveer energía para las luces y maquinarias.

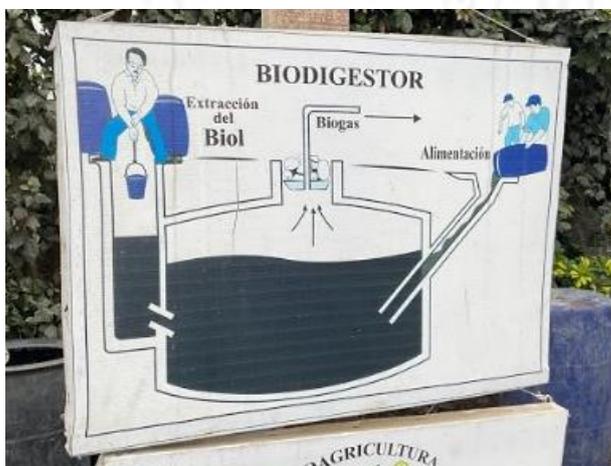
El proceso de elaboración de biogás y fertilizantes de Casablanca inicia con el compostaje del material orgánico utilizado, es decir rastrojo y estiércol de cuy. Para poder crear el llamado pre-compost, será necesario utilizar 400 kilogramos de rastrojo (paja de arroz) y 600 kilogramos de desechos orgánicos de los cuyes (cantidades para un biodigestor de 10 m<sup>3</sup>). Este proceso toma, en promedio, 15 días, a diferencia del proceso de compostaje común, que dura 3 meses, lo cual se debe a que la descomposición

completa se da dentro del biodigestor. Pasado el medio mes, el pre-compost será llevado al biodigestor, de 10 m<sup>3</sup>, acompañado de 400 litros de rumen, el cual proviene del estómago de las vacas, y facilita la descomposición, debido a los microorganismos que esta contiene. Debido al gas que se genera dentro del biodigestor, es necesario colocar un objeto pesado sobre la tapa de este, ya que, por la presión acumulada, puede empujar la tapa y expulsar el gas al medio ambiente, liberando el producto. También cabe resaltar que el biodigestor se encuentra enterrado bajo el suelo para poder alcanzar mayores temperaturas que puedan favorecer el proceso de digestión, que en promedio alcanzan los 40 grados centígrados.

Luego de haber mezclado los materiales en el biodigestor, se llena con agua hasta alcanzar el 80% de la capacidad, ya que se debe dejar un espacio para que los gases se generen. Ya comenzado el proceso anaeróbico, semanalmente, se ingresará en este 50 kg de excremento de cuy y 150 litros de agua. Para evitar que la presión aumente dentro del contenedor, se retirará 200 litros de biol/semana, para compensar los 200 kg que se ingresaron. Además, diariamente, se extraerá el gas metano, por medio de una tubería, la cual tendrá dentro óxido de fierro, para que reaccione con el sulfuro de hidrógeno del gas y se forme el sulfuro de hierro, con ello se obtiene biogás más puro. Este gas tiene que ser llevado a cámaras para su almacenamiento y para poder utilizarlo a conveniencia. El proceso de relleno se realizará todas las semanas y, al cabo de un año se habrá podido extraer biol, biogás y bioabono. La alimentación del biodigestor se ve ejemplificada en la Figura 3.6.

### **Figura 3.6**

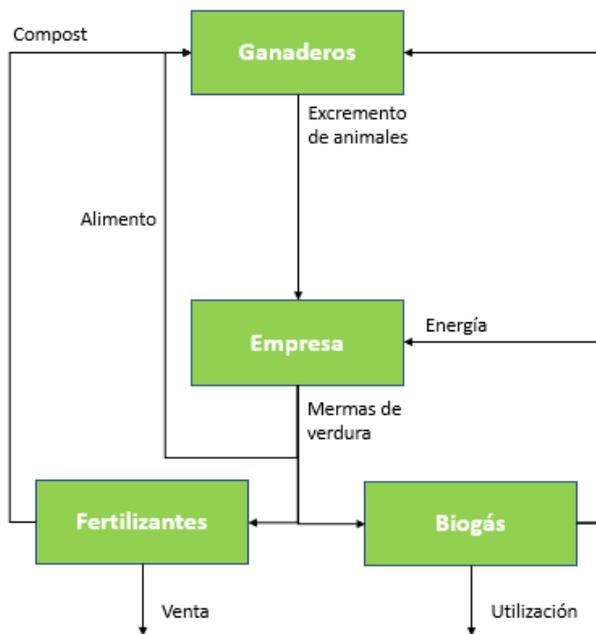
*Proceso de producción de Casa Blanca*



Analizando la factibilidad de implementar el proceso previamente descrito en la pyme, existe una gran provisión de residuos orgánicos, proveniente de las mermas de las verduras y hortalizas, sin embargo, no se cuenta con un método de obtención de rumen y desechos orgánicos de animales. Tomando en cuenta que los desechos animales se van a necesitar semanalmente para la realización de este proceso, se propone realizar alianzas estratégicas con ganaderos de las zonas aledañas, en las cuales, se proponga intercambiar los residuos que no se utilicen, con lo cual le podrían dar de comer a su ganado. Según la FAO (2000), los animales de ganado, como los cerdos, pueden alimentarse de vegetales para que, con los demás nutrientes, se asegure su buena alimentación. A cambio, se les pediría el excremento de sus animales y el rumen, ya que, en la mayoría de los casos, estos son desechados, sin generar ningún valor para los ganaderos. Este flujo descrito, permitió diseñar una propuesta de alianzas estratégicas, la cual se puede apreciar en la Figura 3.7.

**Figura 3.7**

*Propuesta de alianzas estratégicas*



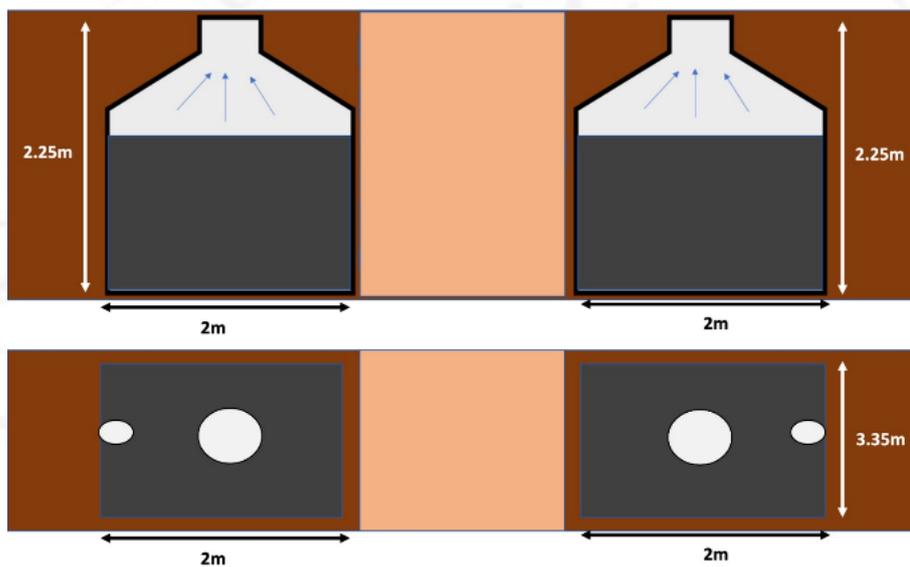
Ya conociendo el proceso de biodigestión, se evaluaron las alternativas de cómo se puede adaptar el proceso en la empresa en estudio. Para comenzar, será necesario definir el volumen del biodigestor, en base al espacio disponible en la planta. Como se puede apreciar en la Figura 3.8, se determinó que el espacio para la biodigestión será de

37 metros cúbicos, en donde se instalarán dos biodigestores de 15 metros cúbicos, cada uno, y un espacio al medio de ambos para realizar la carga y descarga. Los 15 metros cúbicos de cada biodigestor se ven reflejados en una altura de 2.25 metros, un largo de 3.35 metros y un ancho de 2 metros; para fines prácticos, se está considerando al biodigestor como un prisma cuadrangular.

Además, debe contar con cúpulas al centro y a los extremos del biodigestor, en donde el primero servirá para contener la presión del gas y evitar que ingrese oxígeno al sistema, mientras que el segundo como un espacio para extraer semanalmente el biol.

**Figura 3.8**

*Bosquejo de propuesta*



Se decidió utilizar dos biodigestores, ya que se busca tener un proceso continuo de obtención de gas, en donde el primer biodigestor empezará a funcionar a inicios del año y el segundo a mediados del mismo año. Cabe mencionar que estos biodigestores deben estar instalados bajo el nivel terrestre para que la tierra sirva como abrigo y así, aumente la eficiencia del proceso.

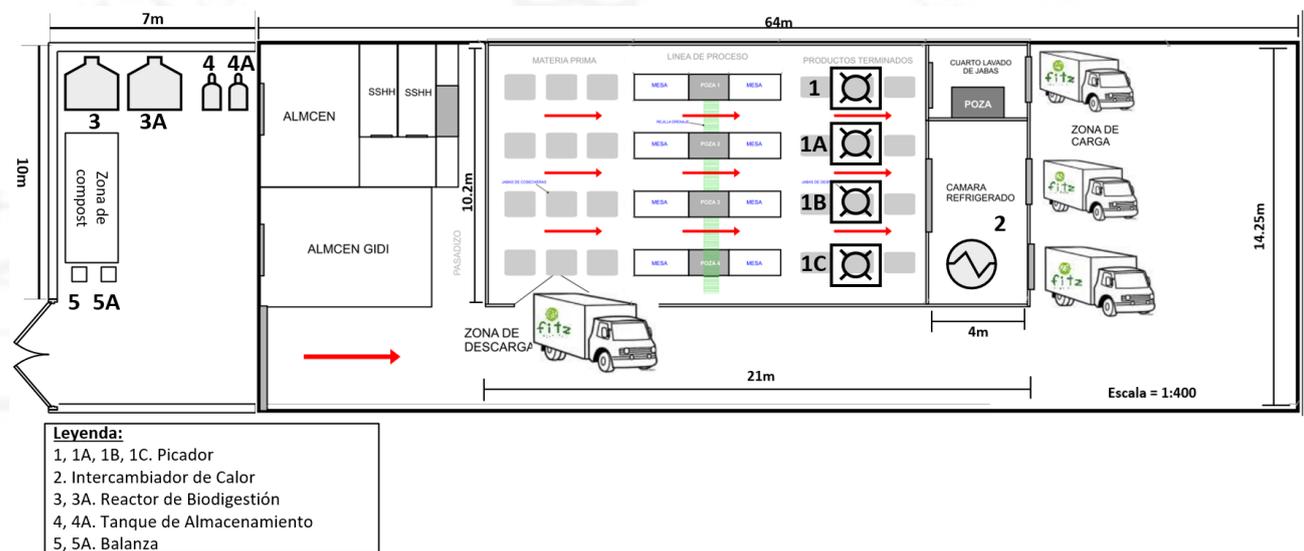
Según Ponce (2016), algunas consideraciones a tener sobre este proceso es la composición del biogás, el cual, aproximadamente, está compuesto de 60% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 35% de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), 4% de vapor de agua, 1% de  $\text{H}_2\text{S}$  y trazas de otros hidrocarburos. Si es que la principal utilización que se le dará al biogás es la energía eléctrica, este deberá pasar por procesos de purificación, en donde se eliminen tanto el  $\text{CO}_2$ , como el  $\text{H}_2\text{S}$ , para obtener un gas más puro, mayormente compuesto de metano, lo que aumentaría la eficiencia del generador. El autor menciona que este biocombustible

puede ser utilizado tanto en calderas, como en motores eléctricos, lo cual puede ser beneficioso para la empresa en estudio, teniendo una relación de, por cada metro cúbico de biogás, 6.5 kWh de energía (Agencia Especialista en Recursos Renovables, 2013). Estos valores serán tomados en cuenta para poder estimar la producción de biogás y fertilizantes a partir de los materiales disponibles.

A continuación, en la Figura 3.9, se muestra el bosquejo de la instalación de la propuesta de mejora, en donde se consideró la construcción de los biodigestores, una balanza para pesar los insumos y dos tanques de almacenamiento para el gas.

**Figura 3.9**

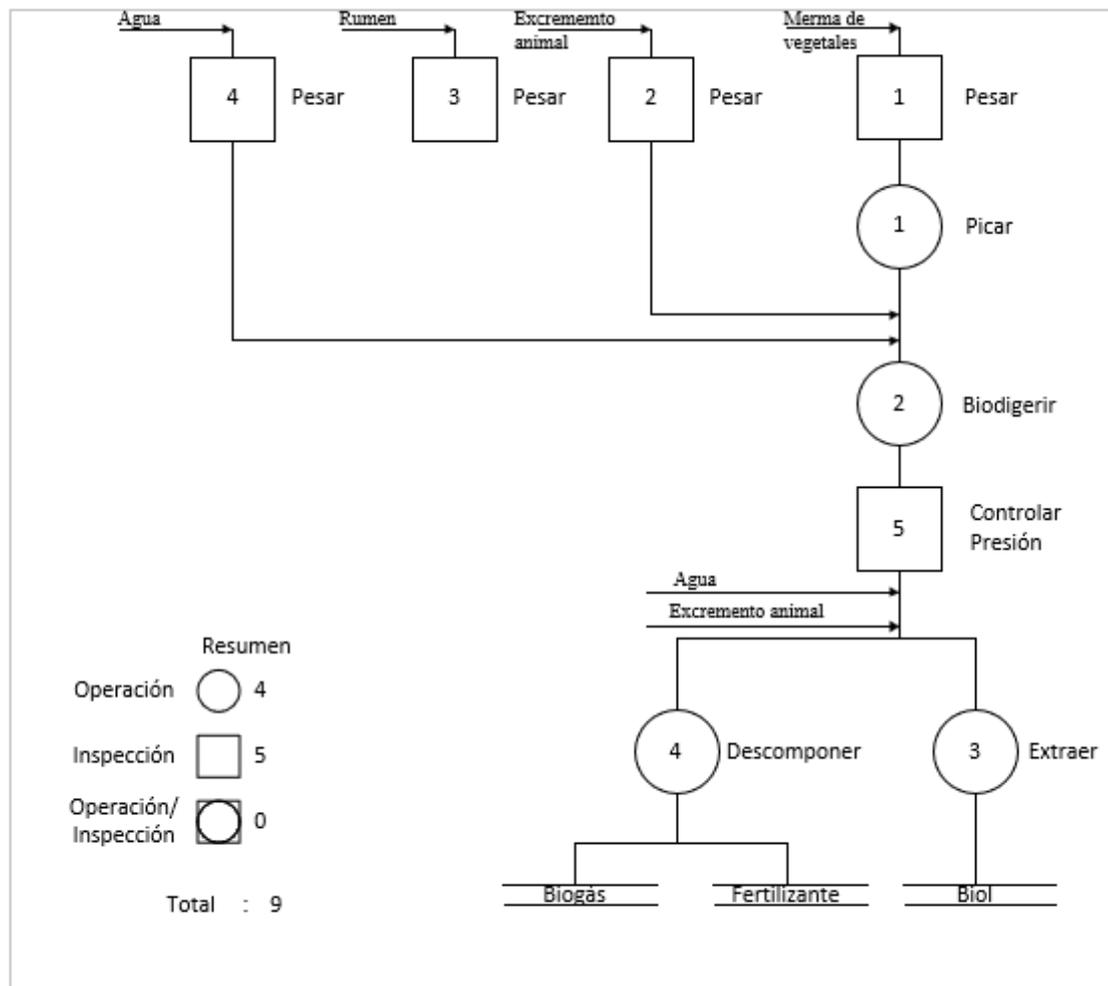
*Distribución de planta propuesta*



El proceso actual a detalle para cada biodigestor se puede apreciar en el diagrama de la Figura 3.10 y se basa, en su mayoría, en el caso de éxito de Casablanca.

**Figura 3.10**

*Diagrama de operaciones del proceso de producción de biogás, fertilizante y biol*

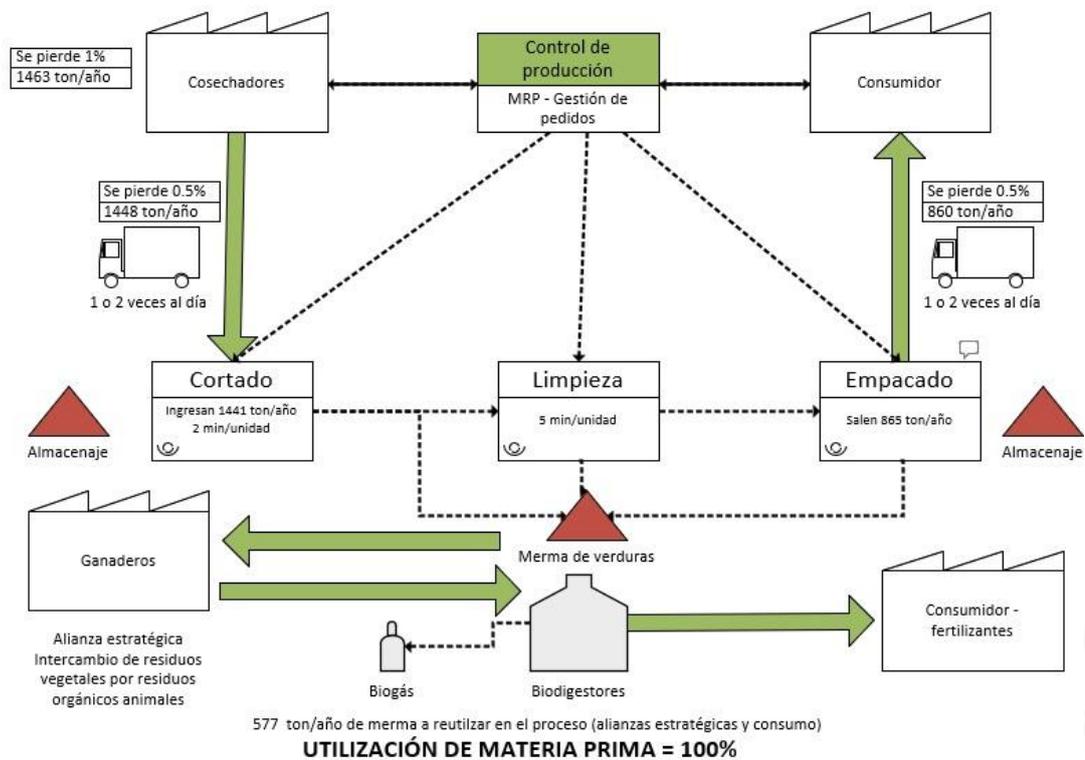


### 3.4 Propuesta de mejora

Como se puede observar en la Figura 3.11, la nueva propuesta de mapa de flujo de valor incluye la utilización de los residuos que antes solo se desechaban y no generaban ningún tipo de beneficio para la empresa. Los nuevos productos obtenidos se pueden dividir en biogás y en fertilizantes, ambos pueden ser utilizados tanto para sus propios procesos, como para alimentar generadores de luz o ser vendidos a agricultores que necesiten fertilizantes, ante la creciente escasez de estos.

**Figura 3.11**

*Sustainable Value Stream Mapping propuesto*



### 3.5 Simulación de la mejora propuesta

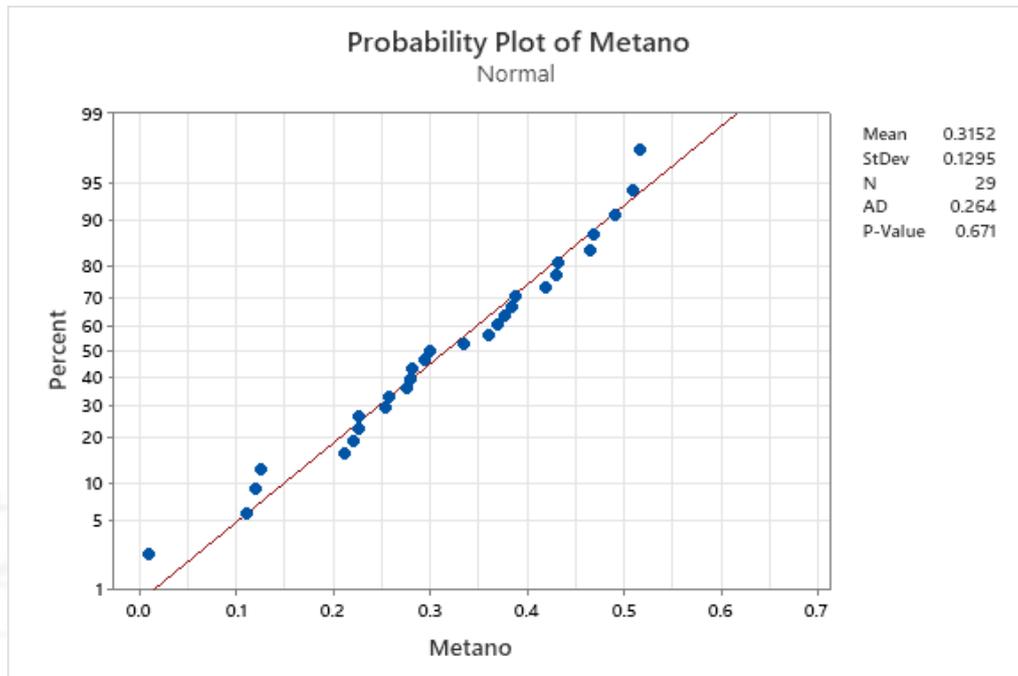
Para poder realizar la simulación de la propuesta de mejora, fue necesario recopilar información de 30 artículos científicos, en donde se muestren los resultados obtenidos para la evaluación de biogás y metano en  $\text{m}^3$  biogás/kg VS y  $\text{m}^3$   $\text{CH}_4$ /kg VS, respectivamente. En donde VS es el sólido volátil utilizado, es decir el material que ha sido secado previamente. Con esta información se llevará a cabo pruebas de bondad de ajuste para determinar la distribución estadística más apropiada para los datos analizados. En el Anexo 2, se muestran los datos obtenidos a partir de la investigación. Por la falta de datos, en algunos de ellos, se asumió un 62.5% de composición de metano, según lo estimado por la FAO (2011) en su manual de biogás, en donde se menciona que la composición oscila entre 55 y 70%.

Con estos datos se procedió a realizar una prueba de normalidad en el software Minitab. Para la evaluación, se utilizaron los datos de  $\text{m}^3$   $\text{CH}_4$ /kg VS recopilados y se utilizó la herramienta de Probability Plot, como se muestra en la Figura 3.12, en donde

se determinó que el p-value es de 0.671 y, al ser mayor a 0.05, se pudo concluir que la distribución de datos es normal con una media de 0.3152 m<sup>3</sup>/kg VS y una desviación estándar de 0.1295 m<sup>3</sup>/kg VS.

**Figura 3.12**

*Gráfica de probabilidad para la producción de Metano*



Con ello, se definieron los requerimientos de materiales y la producción teórica, tomando de base el caso de éxito de Casablanca y los distintos papers científicos incluidos en la presente investigación, como se puede observar en la Tabla 3.4. Para el cálculo de los requerimientos de material, exceptuando el rastrojo, se hizo uso de la relación que existe entre el volumen del biodigestor de Casablanca y el biodigestor propuesto, con lo que se determinó que la relación de los requerimientos sería de 1 a 3. En el caso del rastrojo, no se consideró esta relación debido a que en la propuesta se utilizará verduras, las cuales, contienen agua en un 80%, y ello implica la necesidad de un mayor volumen para compensar la cantidad de sólido volátil (Batalla, 2004). En el caso de los productos terminados, el biol y el fertilizante también siguieron la relación antes mencionada, mientras que, en el caso del biogas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Biogas} = \frac{\bar{x}_{CH_4} * VS}{62.5\%}$$

- $\text{Biogas} \rightarrow m^3$
- $\bar{x}_{CH_4} \rightarrow m^3 CH_4 / kg VS$
- $VS \rightarrow kg VS$
- 62.5%  $\rightarrow$  conversión de  $CH_4$  a Biogas (FAO, 2011)

**Tabla 3.4**

*Requerimientos del proceso y producción teórica*

Parámetro	Casablanca	Mejora propuesta
Volumen total	10 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>
Requerimiento de materiales	3,000 kg excremento de cuy/año	9,000 kg de excremento/año
	600 kg de rastrojo/año	9,000 kg de verduras/año
	400 kg de rumen/año	1200 kg de rumen/año
	7.8 m <sup>3</sup> de agua/año	16.2 m <sup>3</sup> agua/año **
Número de biodigestores	1	2
	15,000 litros de biol/año	45,000 litros de biol/año
Producción teórica	6,000 kg de fertilizante/año	18,000 kg de fertilizante/año
	-	907.78 m <sup>3</sup> biogás/año

Para la evaluación económica del proyecto, como se aprecia en la Tabla 3.5, se determinaron los posibles ingresos, tomando de referencia los precios de Casablanca, para el biol y el fertilizante por litro y kg, respectivamente. Por el lado del biogás, se definió que, se podría ahorrar un equivalente de S/. 3,779.05 anuales, considerando una eficiencia del 80% y un factor de conversión de 6.5 kWh/m<sup>3</sup> biogás, determinado por la Agencia Especialista en Recursos Renovables (2013). Esto se puede traducir en 1 o 2 meses de la tarifa por energía eléctrica consumida en la empresa, pagada por la producción de biogás, y esta energía se puede utilizar tanto como para la iluminación, como para el funcionamiento de los enfriadores de los almacenes de materias primas y producto terminado.

**Tabla 3.5**

*Ingresos pronosticados*

Ingresos pronosticados	Valor
Ahorro por la generación de biogás	S/ 3,779.05
Venta de biol (1 sol/litro)	S/ 45,000.00
Venta de fertilizante (2 soles/kg)	S/ 36,000.00
<b>Total</b>	<b>S/ 84,779.05</b>

En cuanto a los costos, se determinaron los de construcción del biodigestor, los del generador eléctrico y las partes necesarias, de acuerdo con el Manual de Biogás de la FAO (2011). Estos costos se aprecian en la Tabla 3.6 y fueron calculados a partir de diversas páginas web como Amazon, Alibaba, entre otros, y a una cotización hecha por el ingeniero civil Óscar Pichling, para evaluar el costo de la construcción de los biodigestores, la cual se encuentra en el Anexo 1.

**Tabla 3.6**

*Costos de instalación*

<b>Costos de instalación</b>	<b>Valor</b>
Tuberías	S/ 77.50
Generador eléctrico	S/ 1,000.00
Construcción	S/ 49,751.52
Cúpula de gas	S/ 6,015.61
Válvulas de seguridad	S/ 370.00
Apagallamas	S/ 3,389.20
Filtros de mangas o separador de sedimentos	S/ 444.00
Purgadores de condensado	S/ 473.60
Manómetros	S/ 148.00
Reguladores de presión	S/ 360.00
Almacenamiento del gas	S/ 1,332.00
Otros	S/ 3,000.00
<b>Total</b>	<b>S/ 66,361.43</b>

**Tabla 3.7**

*Costos de producción*

<b>Costos de producción</b>	<b>Valor</b>
Sacos de 50 kg para fertilizantes	S/ 277.50
Botellas de 1L para biol	S/ 14,985
Stickers para ecoetiquetas	S/ 5,051
Costos de mantenimiento y limpieza	S/ 160
Colocar y retirar materiales y productos (MO)	S/ 480.00
Operación semanal (MO)	S/ 4,160.00
Otros	S/ 500.00
<b>Total</b>	<b>S/ 25,613.00</b>

En cuanto a los costos de producción, los cuales se pueden apreciar en la Tabla 3.7, se consideró la compra anual de 500 sacos de 50 kg y 45,000 botellas de 1 L para el envasado del fertilizante y biol, respectivamente. Se consideró también la compra de ecoetiquetas que puedan resaltar todo el proceso descrito de Economía Circular y poder

tener una ventaja competitiva frente a los competidores. Para el cálculo de la limpieza del biodigestor, la cual se realizará cada año, en el momento que este se abra para retirar el fertilizante y el biol, se ha estimado que se necesitarán 2 empleados por cada biodigestor. Estos se encargarán de realizar la limpieza de las tuberías, para evitar obstrucciones, y de dejar despejado el contenedor, para poder realizar la siguiente carga de materiales para la biodigestión. En total habrá 4 operarios, los cuales se encargarán de realizar la limpieza en el periodo de un día laboral, es decir 8 horas de trabajo. Asumiendo que a estos se les pagará una cantidad mayor que el sueldo mínimo mensual establecido por el Gobierno de 1025 soles y en total se tendrán que pagar 32 H-H, el costo de la limpieza, al año, de ambos biodigestores saldría 160 soles.

Para el cálculo de la operación semanal se consideró también el sueldo base y un total de 416 horas de trabajo durante un año para colocar y retirar los materiales y productos, además de empacar o envasarlos de ser necesario; sin embargo, no se necesitará contratar nuevos empleados, ya que la operación la realizarán los operarios que ya forman parte de la empresa, por ello, el gasto calculado por la mano de obra es considerando la operación regular.

En base a la información previa, se presenta la Tabla 3.8, que contiene la evaluación económica del proyecto; y la Tabla 3.9, que muestra el análisis de los indicadores económicos mediante la evaluación proyectada a 5 años para la empresa. En dicho análisis se utilizó un costo de oportunidad de capital (COK) de 20%, ya que la aplicación de este proyecto de mejora tiene un riesgo significativo, ya que la empresa no cuenta con ninguna experiencia previa en el proceso de biodigestión y su posible eficiencia de funcionamiento.

**Tabla 3.8**

*Evaluación económica del proyecto (en soles)*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Inversión	-66,361					
Ingresos		84,779	84,779	84,779	84,779	84,779
Egresos		25,613	25,613	25,613	25,613	25,613
<b>Utilidad Operativa</b>		59,166	59,166	59,166	59,166	59,166
Impuestos		17,501	17,501	17,501	17,501	17,501
<b>Utilidad Neta</b>		<b>41,665</b>	<b>41,665</b>	<b>41,665</b>	<b>41,665</b>	<b>41,665</b>
Flujo de Caja Económico	-66,361	41,665	41,665	41,665	41,665	41,665
FC Descontado	-66,361	34,721	28,934	24,112	20,093	16,744
<b>FC Acum</b>	<b>-66,361</b>	<b>-32,331</b>	<b>-3,973</b>	<b>19,659</b>	<b>39,352</b>	<b>55,763</b>

**Tabla 3.9**

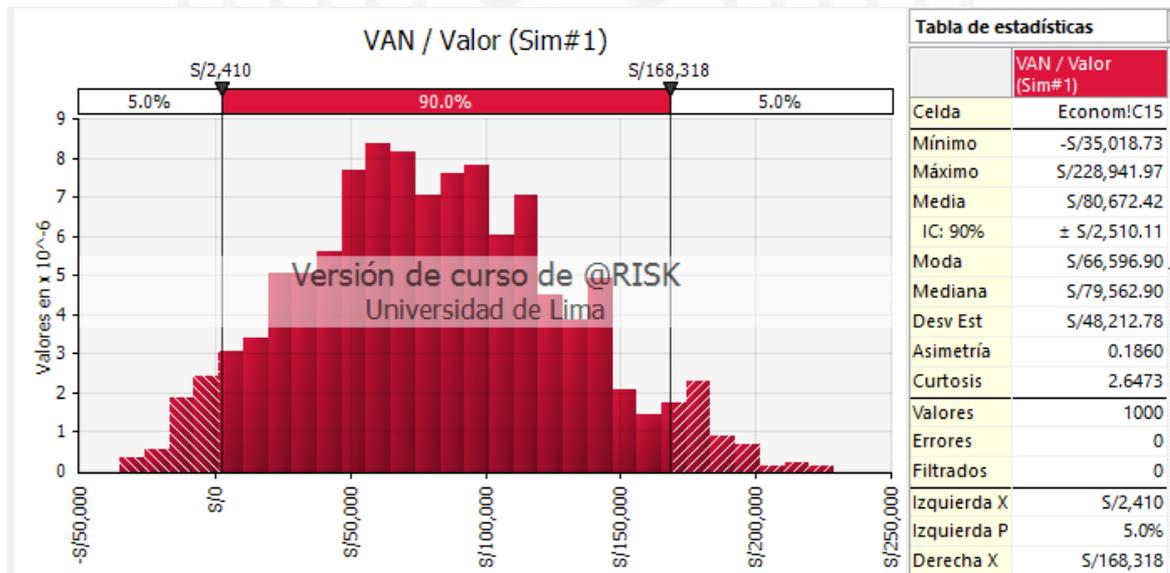
*Indicadores económicos*

Ratio	Valor
VAN	S/ 58,242.03
TIRF	56%
R B/C	1.88
PR	2.16

A continuación, se muestran los posibles escenarios que se puedan presentar en el proyecto realizando una evaluación de riesgos con el software @RISK. Esta herramienta, permite realizar análisis de riesgos comparando escenarios con distintas distribuciones estadísticas. Para este caso, la variable a evaluar son los precios de venta del biol y fertilizantes, ya que la producción de biogás es relativamente constante y fija. Ambos precios se determinaron con una distribución triangular con precios pesimistas, promedio y optimistas, los cuales fueron considerados comparando los precios de venta del fundo Casablanca. Para el caso del biol, se colocó los precios de 0.5,1 y 2 soles por litro; y para el fertilizante se colocó 1, 2 y 3 soles por kg.

**Figura 3.13**

*Análisis de Riesgo en @Risk*



Luego de realizar 1,000 iteraciones y 100 simulaciones, se determinaron 3 posibles resultados, como se aprecia en la Figura 3.13. En el primero, se consideró el peor escenario con los precios más bajos de venta de fertilizante y el balance resultó negativo

con -S/ 35 k; en el segundo, se consideraron los precios realistas de venta y el escenario resultó positivo con S/ 80.6 k; finalmente, el optimista, también es positivo con un valor de S/228 k, considerando los precios de venta más altos. Con este escenario se puede concluir que es importante que el precio de venta o la cantidad de ventas se maximicen para así poder tener un mejor balance y no afectar la economía de la empresa con el proyecto propuesto. Para ello, se propone incrementar la participación del mercado con la implementación de ecoetiquetas, ya que estas promueven la preferencia de los consumidores por productos sostenibles (Potter et al., 2022). Para el presente caso se diseñará una ecoetiqueta de tipo II, la cual se caracteriza por ser auto declarada, como se puede apreciar en la Figura 3.14. Esta debe resaltar que todos los productos que salen de la empresa (incluyendo la venta de verduras y hortalizas, y fertilizantes) utilizan los principios de la economía circular en cuanto a la reutilización de residuos, además de generar energías limpias en comparación con los combustibles fósiles actuales.

**Figura 3.14**

*Bosquejo de ecoetiqueta*



Para proyectos futuros se podría considerar colocar ecoetiquetas de tipo I, es decir, que cuenten con certificación de un ente externo como la ISO, ya que los consumidores están dispuestos a pagar más por aquellas que sí tienen certificación (Kyoi et al., 2022).

#### 4. DISCUSIÓN

Después de realizar la investigación, todo indica que la propuesta de mejora sobre la elaboración de biogás, biol y fertilizantes, a partir de la reutilización de la merma obtenida en los procesos productivos de una pyme del sector industrial de alimentos y las alianzas estratégicas con ganaderos, es factible y tiene un gran impacto, no sólo en el ámbito económico, en donde se estimaron ganancias, sino también en los ámbitos social y ambiental, debido a que este proyecto puede generar más puestos de trabajo y además, es amigable con el medio ambiente, ya que busca reutilizar materiales y convertir los residuos en productos importantes como los fertilizantes, ante la escasez por el contexto global. Asimismo, la producción de biogás a partir de los residuos de verduras ayuda a reducir la huella de carbono. Esto debido a que los residuos pasan a ser reutilizados, en lugar de ser desechados, lo cual evita la contaminación al ambiente y vuelve a los procesos de la empresa más sostenibles.

La producción de fertilizantes es clave para el contexto peruano, ya que son una importante parte del proceso agroindustrial y permiten acelerar y mejorar el crecimiento de los distintos vegetales y hortalizas. En la Tabla 4.1 se puede observar la tendencia de consumo de fertilizantes en el Perú, con lo que se realizó un promedio de dichos años para evaluar cuánto de la demanda podría cubrir la propuesta. El promedio de consumo es de 1.3 millones de toneladas anuales y considerando que la propuesta de mejora podría cubrir una demanda de 63 toneladas se puede decir que la implementación favorecería a muchos agricultores peruanos, además de poder incentivar a otras empresas del sector a seguir estas prácticas y con ello poder suplir la mayor parte de las importaciones de fertilizantes ante su escasez y subida de precio.

**Tabla 4.1**

*Demanda anual de fertilizantes (toneladas)*

<b>Año</b>	<b>Cantidad</b>
2016	1,219,160
2017	1,441,880
2018	1,104,320
2019	1,368,800
2020	1,396,640
2021	1,421,000

Nota. Adaptado de Euromonitor (s.f.) y MIDAGRI (2021)

La alianza estratégica propuesta entre empresas del sector agroindustrial y ganadero, la cual consiste en el intercambio de desperdicios como verduras, excremento y rumen, es viable debido a que hace que ambas partes involucradas se benefician de la otra y pueden utilizar lo que para el otro es desperdicio en algo útil. Por ejemplo, para el caso de los ganaderos, al recibir las verduras pueden añadirlas a la dieta de su ganado para que puedan tener una mejor digestión y una alimentación balanceada. Mientras que, para la empresa en estudio, el excremento y rumen de animales, le sirve para generar biogás y fertilizantes. Lo dicho anteriormente se puede comparar con la investigación de Wang et al. (2022), en donde concluye que las alianzas estratégicas entre empresas del mismo sector pueden traducirse en mejoras para el desarrollo sostenible de estas, por lo que se reafirma la importancia de realizarlas en el contexto peruano.

El proceso propuesto en la presente investigación junto con la tecnología necesaria para implementarla es viable debido a que existen diversos casos de éxito que apoyan la iniciativa. El caso principal en esta investigación es el de Casablanca, el cual fue pionero en la elaboración de biodigestores. Este se diferencia de los demás, ya que utiliza el guano del cuy que tiene un mayor poder energético, el cual supera hasta 3 veces al guano de las vacas. Esto hace que los ganaderos que crían a este tipo de animal puedan tener la oportunidad de tener fuentes de energía alternativas. (MIDAGRI, 2018). La propuesta de mejora busca incorporar las verduras no reutilizadas en este proceso para otorgar una mayor cantidad de carbono al proceso y que la relación de Carbono/Nitrógeno sea mayor, lo que se traduce en una mayor eficiencia del biodigestor.

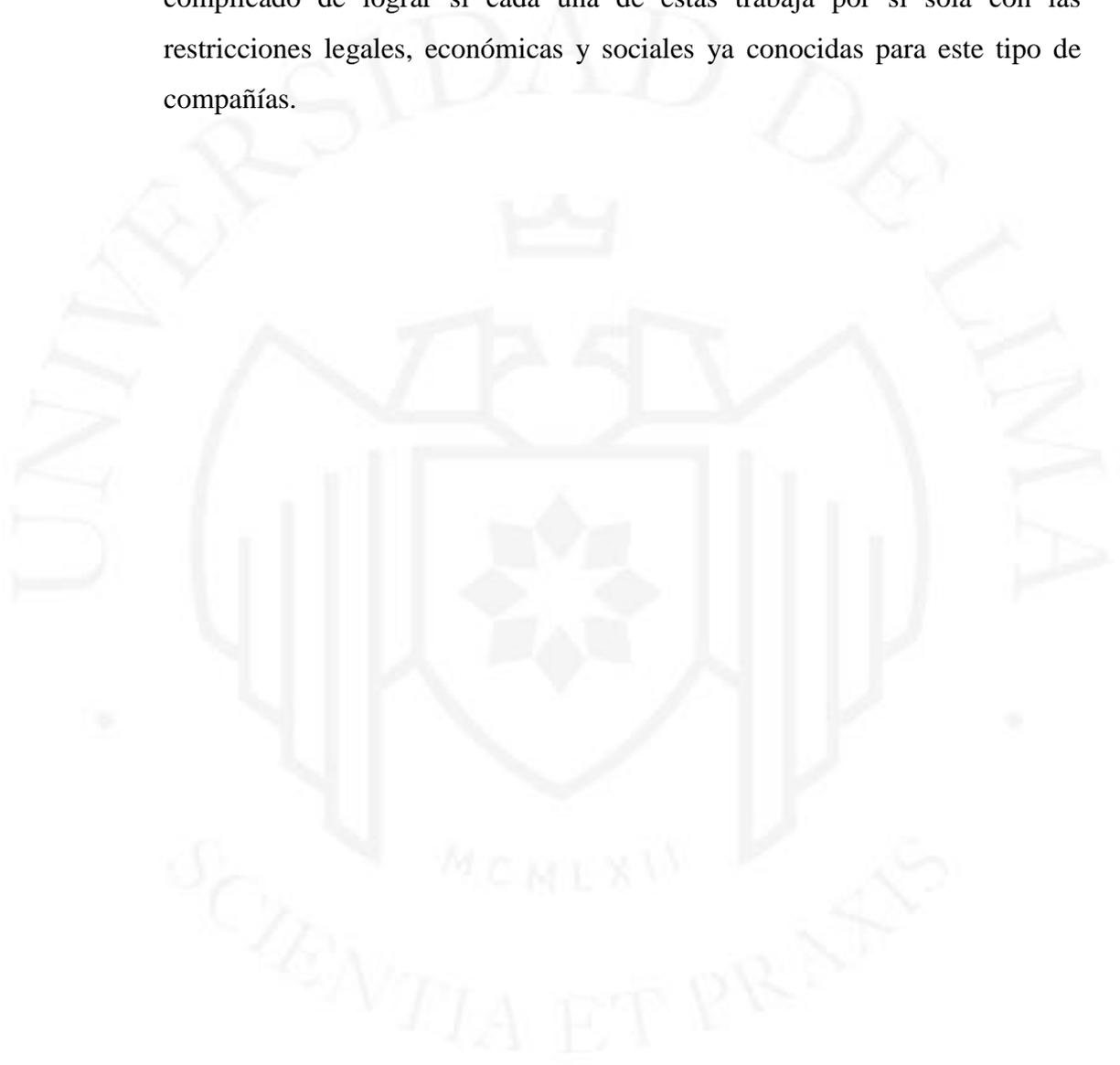
El costo de la instalación de los biodigestores se estimó en aproximadamente \$18k, lo cual difiere con la investigación de Ximenes et al. (2021), en la cual se estimó una inversión de activos y mano de obra en aproximadamente \$100k. Las principales diferencias de las investigaciones son que, en la empresa del caso de estudio, se cuenta con otra fuente de ingresos principal y el proyecto serviría para generar ganancias económicas, ambientales y sociales. Mientras que para la investigación de Ximenes et al. (2021) se propone una planta que se dedique solamente a la producción de biogás, por lo que los volúmenes de producción y espacio de equipos es mayor.

## 5. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

- Los resultados de la propuesta de mejora se pueden reflejar en las ventas, en donde en el primer año se estima aumentar en un 4% las ventas totales con respecto al 2021 con la instalación del biodigestor y la venta de nuevos productos, proyectando unos ingresos de S/. 2.5MM. Asimismo, se proyecta que, para el 2do año del proyecto, la inversión será recuperada en su totalidad.
- La propuesta de mejora tiene como resultado la sustitución de la importación de 18 toneladas de fertilizante sólido y 45 metros cúbicos de fertilizante líquido, lo cual representa aproximadamente un 0.001% de las importaciones de todo el país. Si bien no es un porcentaje considerable a nivel nacional, tiene un valor grande para los agricultores pertenecientes a la cadena de suministro de la empresa y su nivel de producción.
- Para garantizar el éxito de la propuesta de mejora es fundamental asegurar la venta de los fertilizantes al mercado, ya que si, por el contrario, se tiene una venta baja, el éxito se verá condicionado. Se tienen 3 posibles escenarios considerando nivel y precio de ventas, el optimista, el pesimista y el realista. En el primero, en donde se considera las ventas en el mejor escenario y precio, se tiene como resultado un VAN del proyecto de S/228 mil; en el segundo, que considera el peor escenario, un VAN negativo con -S/ 35 mil; y, por último, el escenario realista, donde se considera un VAN del proyecto de S/ 80 mil. Por ello, es de gran importancia impulsar las ventas utilizando estrategias como colocar ecoetiquetas en todos los productos de la empresa.
- El rendimiento de la empresa comenzó siendo de 60%, debido a los altos niveles de desperdicios que tenían, sin embargo, con la implementación de la propuesta de mejora, se buscó aumentar el rendimiento del proceso, lo que llevó a un rendimiento de 100%, ya que todas las mermas del proceso se reutilizarían para crear nuevos productos.
- Como se ha evidenciado a lo largo de esta investigación, la implementación del principio de economía circular, a cualquier empresa, le puede beneficiar en distintos rubros. En primer lugar, se encuentra la mejora de la imagen de la marca, ya que se vuelva una más sostenible con el tiempo y responsable socialmente. En segundo lugar, mejora económicamente, ya que, al contar con nuevas fuentes de ingreso, la rentabilidad de la empresa aumentará también.

Por último, al tener menos gastos, pueden invertir más en investigación y desarrollo.

- Las alianzas estratégicas entre empresas o trabajadores pueden generar muchos beneficios para ambas partes, tanto en lo económico, social y ambiental. Para las pequeñas y medianas empresas esto es fundamental, ya que se pueden obtener sinergias que faciliten el desarrollo de las industrias, lo cual es más complicado de lograr si cada una de estas trabaja por sí sola con las restricciones legales, económicas y sociales ya conocidas para este tipo de compañías.



## 6. REFERENCIAS

- Abu-Qdais, H. A., & Kurbatova, A. I. (2022). The Role of Eco-Industrial Parks in Promoting Circular Economy in Russia: A Life Cycle Approach. *Sustainability* (Suiza), 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14073893>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Junio de 2023). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Agnusdei, G. P., & Coluccia, B. (2022). Sustainable agrifood supply chains: Bibliometric, network and content analyses. *Science of the Total Environment*, 824 doi:10.1016/j.scitotenv.2022.153704
- Amicarelli, V., Roe, B. E., & Bux, C. (2022). Measuring food loss and waste costs in the italian potato chip industry using material flow cost accounting. *Agriculture* (Switzerland), 12(4) doi:10.3390/agriculture12040523
- Arroyo, J. (2020). Weak competitiveness and institutionalidad: The unsustainable growth of the informal model. [Débil competitividad e institucionalidad: El crecimiento no sostenible del modelo informal] *Latin American Research Review*, 55(2), 266-277. doi:10.25222/larr.376
- ASME Piloted Operated Safety Pressure Relief Valve For GAS. (s.f.). Alibaba.com. [https://www.alibaba.com/product-detail/Safety-Valve-Gas-Safetygas-ASME-Piloted\\_1600441206344.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.17db6146GbUFOC&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Safety-Valve-Gas-Safetygas-ASME-Piloted_1600441206344.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.17db6146GbUFOC&s=p)
- Atoillah, F., & Hartini, S. (2021). Design of Sustainable Value Stream Mapping to Improve the Sustainability Indicator: Case in MDF Company. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012025>
- Barrios, I., Ríos-González, C., O'Higgins, M., González-Urbieta, I., García, O., Almirón-Santacruz, J., ... Torales, J. (2021). Psychometric properties of the Spanish version of the Fear of COVID-19 scale in Paraguayan population. *Irish Journal of Psychological Medicine*, 1–6. doi:10.1017/ipm.2021.5
- Batalla, M. V. (Febrero de 2004). Verduras y hortalizas - Fuentes naturales de antioxidantes. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13057699>
- Benites, L., Ruff, C., Ruiz, M., Matheu, A., Inca, M., Juica, P. (2020). Analysis of competitiveness factors for the sustainable productivity of SMEs in trujillo (peru). [Análisis de los factores de competitividad para la productividad sostenible de las PYMES en Trujillo (Perú)] *Revista De Metodos Cuantitativos Para La Economia y La Empresa*, 29, 208-236. doi:10.46661/REVMETODOSCUANTECONEMPRESA.3513
- Brendzel-Skowera, K. (2021). Circular Economy Business Models in the SME Sector. *Sustainability*, 13, 7059. <https://doi.org/10.3390/su13137059>

- Carvajal, C. L. Y., Gil, J. C., Cadena, A. D., Cisneros, J. C., Botto-Tobar, M., & Yagual, F. E. V. (2020). Impact of industrial SMEs in the environment conservation: A systematic mapping study. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(2), 684-690. doi:10.18517/ijaseit.10.2.10065
- Castillo Fiestas, K. P., Bravo Huiuin, E. K., Rivas Madrid, F. P., Florián Castillo, O. R., & Deza Castillo, J. M. (2021). Management by processes in the competitiveness of a SME in the gastronomic sector. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. doi:10.18687/LACCEI2021.1.1.126
- Castro, M. del R. Q., & Posada, J. G. A. (2019). Implementation of lean manufacturing techniques in the bakery industry in Medellín. *Gestão & Produção*, 26(2). doi:10.1590/0104-530x-2505-19
- Cela, N., Giorgione, V., Fassio, F., & Torri, L. (2024). Impact of circular economy information on sensory acceptability, purchase intention and perceived value of upcycled foods by young consumers. *Food Research International*, 175. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113765
- Comisión Europea. (2015). Guía del usuario sobre la definición del concepto de PYME. doi:10.2873/2552
- Da Costa Pimenta, C. C., (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*, (35), 1-18.
- Desti, M., Khuriyati, N., Wagiman, W. (2019). Synergy of Lean and Green for Improving Small-Scale Agroindustry Performance. *Agroindustrial Journal*, 6, 432-439. https://doi.org/10.22146/aij.v6i2.56959
- DN100 flanged 4" Gas Pressure Regulator and controller for Boiler/burner/combustion/heat/energy system in China base Canton. (s.f.). Alibaba.com. <https://bit.ly/47cME9u>
- Donzella, S., Fumagalli, A., Arioli, S., Pellegrino, L., D'Incecco, P., Molinari, F., . . . Compagno, C. (2022). Recycling food waste and saving water: Optimization of the fermentation processes from cheese whey permeate to yeast oil. *Fermentation*, 8(7) doi:10.3390/fermentation8070341
- Euromonitor. (s.f.). Economies and Consumers Annual Data. <https://www-portal-euromonitor-com.ezproxy.ulima.edu.pe/portal/statisticsevolution/index.Passport>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013). Biogas an introduction. <https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/brosch.biogas-2013-en-web-pdf.pdf>
- FAO. (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. <https://www.fao.org/3/v5290s/v5290s00.htm#TopOfPage>

- FAO. (2011). Manual de Biogás. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- FAO. 2019. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Galanda, J., Jencova, E., & Koscak, P. (2019). 3D Modeling and Simulation of the Check-in Process Using Information Technology. *2019 New Trends in Aviation Development (NTAD)*. doi:10.1109/ntad.2019.8875583
- Gas air pressure gauge manometer manufacturer. (s.f.). Alibaba.com. [https://www.alibaba.com/product-detail/gas-air-pressure-gauge-manometer-manufacturer\\_60555115140.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.4bd87709IfWIMK&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/gas-air-pressure-gauge-manometer-manufacturer_60555115140.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.4bd87709IfWIMK&s=p)
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- K&N 59-3264 K&N apagallamas con filtro de aire de alto flujo. (s.f.). Amazon.com. <https://www.amazon.com/-/es/59-3264-apagallamas-filtro-aire-flujo/dp/B000AP6RHU>
- Kaneku-Orbegozo, J., Martinez-Palomino, J., Sotelo-Raffo, F., & Ramos-Palomino, E. (2019). Applying lean manufacturing principles to reduce waste and improve process in a manufacturer: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 689(1) doi:10.1088/1757-899X/689/1/012020
- Kazancoglu, Y., Ekinci, E., Ozen, Y. D. O., & Pala, M. O. (2021). Reducing food waste through lean and sustainable operations: A case study from the poultry industry. *RAE Revista De Administracao De Empresas*, 61(5), 1-18. doi:10.1590/S0034-759020210503
- Khan, M. A., Shaikh, S. A., Lakho, T. H., & Mughal, U. K. (2020). Potential of lean tool of value stream mapping (vsm) in manufacturing industries. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 59 3064-3074.
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175, 544–552. doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.111
- Kyoi, S., Fujino, M., & Kuriyama, K. (2022). Investigating spatially autocorrelated consumer preference for multiple ecolabels: Evidence from a choice experiment. *Cleaner and Responsible Consumption*, 7. doi:10.1016/j.clrc.2022.100083
- Lamm, K. W., Randall, N. L., & Fluharty, F. L. (2021). Critical issues facing the animal and food industry: a Delphi analysis. *Translational Animal Science*, 5(1). <https://doi.org/10.1093/tas/txaa213>
- Little Giant - Bomba de condensación VCMA-20ULST de 115 voltios con un caudal de 80 galones por hora; bomba automática de extracción de condensación de 1/30

- Hp con interruptor de seguridad y tubo en color blanco y negro, 554435. (s.f.). Amazon.com. <https://bit.ly/3sllVJb>
- Magama, P., Chiyanzu, I., Mulopo, J. (2022). A systematic review of sustainable fruit and vegetable waste recycling alternatives and possibilities for anaerobic biorefinery. *Bioresour. Technol. Rep.* 18, <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101031>.
- Mekonnen, A., Tessema, A., Ganewo, Z., & Haile, A. (2021). Climate change impacts on household food security and farmers adaptation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100197. doi:10.1016/j.jafr.2021.100197
- MIDAGRI. [MIDAGRI TV] (2018). Conoce el poder energético del "Gas de Cuyisea" [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=YciA1YNkM30&t=245s>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (20 de Enero de 2021). Midagri: Perú tiene una superficie agrícola de 11.6 millones de hectáreas a nivel nacional. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/325509-midagri-peru-tiene-una-superficie-agricola-de-11-6-millones-de-hectareas-a-nivel-nacional>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2022). Poder Ejecutivo promulga ley para facilitar inversión e impulsar desarrollo productivo. [https://www.mef.gob.pe/es/?id=3262%&I=&option=com\\_content&language=es-ES&view=article&lang=es-ES](https://www.mef.gob.pe/es/?id=3262%&I=&option=com_content&language=es-ES&view=article&lang=es-ES)
- Naciones Unidas México. (21 de Abril de 2023). <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>.
- Ojeda-Safra, O., Saravia-Goicochea, B., Viacava-Campos, G., & Cardenas-Rengifo, L. (2021). A model for increasing palm oil production efficiency at an agro-industrial company through lean manufacturing. *ACM International Conference Proceeding Series*, 339-344. doi:10.1145/3494583.3494633
- Ponce, E. (2016). Simple methods for obtaining rural biogas and its conversion into electricity. [Métodos sencillos en obtención de biogás rural y su conversión en electricidad] *Idesia*, 34(5), 75-79.
- Potter, C., Pechey, R., Clark, M., Frie, K., Bateman, P. A., Cook, B., . . . Jebb, S. A. (2022). Effects of environmental impact labels on the sustainability of food purchases: Two randomised controlled trials in an experimental online supermarket. *PLoS ONE*, 17(11 November) doi:10.1371/journal.pone.0272800
- Putri, A. A. A., Hartini, S., & Purwaningsih, R. (2021). Sustainable value stream mapping design to improve sustainability performance of animal feed production process. *Evergreen*, 8(1), 107-116. doi:10.5109/4372266
- PUXIN-Globo de almacenamiento de biogás de 1-200m<sup>3</sup>, fácil de instalar. (s.f.). Alibaba.com. <https://spanish.alibaba.com/p-detail/PUXIN-60367688225.html?spm=a2700.details.0.0.5c754c42C1soUf>
- Recipientes de botellas Redondas de Plástico HDPE, etileno propileno, cuadrado, tambores, cubos para detergente para ropa, líquido. (s.f.). Alibaba.com.

<https://spanish.alibaba.com/p-detail/Fluorinated-62106475647.html?spm=a2700.8699010.29.1.728b5491oRV54t>

- Ripley, (s.f.). Generador de Energía Goodyear 1000W. Ripley.  
[https://simple.ripley.com.pe/generador-de-energia-goodyear-1000w-pmp00001918809?s=mdco&gclid=Cj0KCQjwwfiaBhC7ARIsAGvcPe7aj1ZU26tJdDmxAl2IPyZz\\_1\\_tyza5NjreH4QA4xo\\_aZB0NkttGtYaAp9tEALw\\_wcB](https://simple.ripley.com.pe/generador-de-energia-goodyear-1000w-pmp00001918809?s=mdco&gclid=Cj0KCQjwwfiaBhC7ARIsAGvcPe7aj1ZU26tJdDmxAl2IPyZz_1_tyza5NjreH4QA4xo_aZB0NkttGtYaAp9tEALw_wcB)
- Rojas-Benites, S., Castro-Arroyo, A., Viacava, G., Aparicio, V., & Del Carpio, C. (2021). Reduction of waste in an SME in the meat sector in peru through a lean manufacturing approach using a model based on 5S, standardization, demand forecasting and kanban. *ACM International Conference Proceeding Series*, 279-285. doi:10.1145/3494583.3494592
- Rollo de pegatinas de impresión personalizada, etiquetas de embalaje de chapado en oro para logotipo, caja de regalo de Perfume. (s.f.). Alibaba.com  
<https://spanish.alibaba.com/p-detail/Roll-10000008222020.html?spm=a2700.themePage.IN.2.445145110EboUJ>
- Saco amarillo para agricultura, maíz de alimentación, bolsas vacías de grano pp 50kg. (s.f.). Alibaba.com. [https://www.alibaba.com/pla/agriculture-yellow-sack-feed-corn-empty\\_62380574800.html?mark=google\\_shopping&biz=pla&searchText=plastic+bags&product\\_id=62380574800&language=es&src=sem\\_ggl&field=UG&from=sem\\_ggl&cmpgn=18664245327&adgrp=&fditm=&tgt=&locintrst=&](https://www.alibaba.com/pla/agriculture-yellow-sack-feed-corn-empty_62380574800.html?mark=google_shopping&biz=pla&searchText=plastic+bags&product_id=62380574800&language=es&src=sem_ggl&field=UG&from=sem_ggl&cmpgn=18664245327&adgrp=&fditm=&tgt=&locintrst=&)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante?. Gobierno de México.  
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante>
- Siegel, R., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Cherrafi, A., & Lameijer, B. (2019). Integrated Green Lean approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 118205. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118205
- Silupu Garcés, B. L., & Reyes Landa, S. D. (2019). Analysis of determinants and costs of informality in small businesses: An empirical study for peru. [Análisis de los determinantes y costos de la informalidad en las pequeñas empresas: Un estudio empírico para el Perú.] *Revista De Metodos Cuantitativos Para La Economia y La Empresa*, 27, 156-165.
- Talekar, S., Ekanayake, K., Holland, B., & Barrow, C. (2023). Food waste biorefinery towards circular economy in Australia. *Bioresource Technology*, 388. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129761>
- TIANH Especificaciones del filtro de máscara de gas Nato NBC para máscaras de gas de 1.575 in filtro CBRN con vida útil más larga. 20 años. (s.f.). Amazon.com.  
<https://bit.ly/45YGQQ7>
- Unión Europea. (2021). Las pequeñas y medianas empresas. Obtenido de [https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU\\_2.4.2.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_2.4.2.pdf)

- Varnero, M. (2011). Manual de biogás. FAO. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Vilaplana, M. (2004). Verduras y hortalizas. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-verduras-hortalizas-13057699#:~:text=Las%20verduras%20y%20las%20hortalizas,a%20que%20apenas%20aportan%20macronutrientes>.
- Wade, J., Li, C., Pulleman, M. M., Trankina, G., Wills, S. A., & Margenot, A. J. (2021). To standardize by mass of soil or organic carbon? A comparison of permanganate oxidizable carbon (POXC) assay methods. *Geoderma*, 404, 115392. doi:10.1016/j.geoderma.2021.115392
- Wang, C. -, Nguyen, H. -, Wang, Y. -, & Nhieu, N. -. (2022). Strategic alliances for sustainable development: An application of DEA and grey theory models in the coal mining sector. *Axioms*, 11(11) doi:10.3390/axioms11110599
- World Bank Group. 2022. Commodity Markets Outlook, April 2022 : The Impact of the War in Ukraine on Commodity Markets. Commodity Market Outlook;. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37223?locale-attribute=es>.
- Ximenes, J., Siqueira, A., Kochańska, E., & Łukasik, R. M. (2021). Valorisation of agri-and aquaculture residues via biogas production for enhanced industrial application. *Energies*, 14(9) doi:10.3390/en14092519

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: Cotización de la construcción de 2 biodigestores

Lima, 29 de Octubre de 2022

#### PRESUPUESTO

Presup. N° :  
 Obra : OBRAS CIVILES PARA LA CONSTRUCCION DE UN BIODIGESTOR  
 FITZCARRALD  
 Propietario : SAC  
 Atención :  
 Ubicación : Distrito : Surco

ITEM	DESCRIPCION	UND	METR	PU	PARCIAL	TOTAL
				S/.	S/.	S/.
<b>1.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>					<b>1,000.00</b>
1.01	Transporte de herramientas y materiales	glb	1.00	1,000.00	1,000.00	
<b>2.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>10,840.00</b>
2.01	Excavación masiva manual	m3	76.00	60.00	4,560.00	
2.02	Perfilado de paredes	m2	58.00	10.00	580.00	
2.03	Compactación de piso	m3	26.00	10.00	260.00	
2.04	Acarreo de materiales	glb	1.00	500.00	500.00	
2.05	Acarreo - Eliminación de desmonte	m3	98.80	50.00	4,940.00	
<b>3.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO CON IMPERMEABILIZANTE</b>					<b>22,248.00</b>
3.01	Solado de platea	m2	26.00	30.00	780.00	
3.02	Acero de refuerzo fy =4200 Kg/cm2 - @ 0.20 mts	Kg	720.00	5.90	4,248.00	
3.03	Concreto f'c=210 Kg/cm2 de platea	m3	24.00	580.00	13,920.00	
3.04	Encofrado de muros	m2	55.00	60.00	3,300.00	
<b>4.00</b>	<b>TRABAJOS VARIOS</b>					<b>7,720.00</b>
4.01	Tarrajeo de muros	m2	14.50	30.00	435.00	
4.02	Tarrajeo de piso	m2	9.50	30.00	285.00	
4.03	Suministro e instalación de escalera metálica	glb	1.00	7,000.00	7,000.00	
				<b>COSTO DIRECTO S/.</b>		<b>41,808.00</b>
				GASTOS GENERALES 10% S/.		4,180.80
				UTILIDAD 9% S/.		3,762.72
				<b>TOTAL S/.</b>		<b>49,751.52</b>

SON : Cuarenta y nueve mil setecientos cincuenta y uno con 52/100 Nuevos Soles

NOTA :  
 1.- NO INCLUYE IGV  
 2.- EL CLIENTE SE COMPROMETE A DEJAR EL AREA DE TRABAJO TOTALMENTE DESPEJADA

VALIDEZ DE OFERTA : 10 DIAS  
 PLAZO DE EJECUCION : 30 DIAS UTILES

FORMA DE PAGO : 50% ADELANTO  
 30% CON EL LLENADO DE CONCRETO  
 20% CONTRAENTREGA

Ing. Oscar Pichling Rojas  
 Dpto. de Ingeniería

## ANEXO 2: Análisis de papers científicos

Paper	Título/autor	Material	Biogás	Unidad	Metano	Unidad	%
1	Suhartini, S., et al. (2020)	Vegetales	0.8	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.420	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	52.5%
2	Campos-Montiel, R., et al. (2018)	Promedio Vegetales	0.816	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.510	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
3	Aybek & Üçok (2017)	Vegetales y frutas	0.62	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.335	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	54.0%
4	Sitorus et al. (2013)	Vegetales	0.6	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.387	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	65%
5	Ximenes, J., et al. (2021)	Vegetales	0.4	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.280	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	70.0%
6	Pham Van, D., et al. (2019)	Vegetales + excremento de caballo	0.226	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.110062	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	48.7%
8	D'Silva, T., et al. (2022)	Vegetales	2.70	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.46957	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	17.4%
9	Szilágyi, Á., et al. (2021)	Tomate	0.2148	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.1243692	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	57.9%
10	Gunaseelan (2004)	Vegetales	0.472	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.295	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
11	Lane (1984)	Vegetales y frutas	0.4985	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.254235	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	51.0%
12	Prema et al. (1992)	Vegetales y frutas	0.55	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.2805	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	51.0%
13	Mata Alvarez et al. (1995)	Vegetales y frutas	0.415	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.21165	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	51.0%
14	Bouallagui (2003)	Vegetales y frutas	0.707	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.36057	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	51.0%
15	Qiao et al. (2011)	Vegetales y frutas	0.443	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.22593	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	51.0%
16	Cho et al. (1995)	Vegetales y frutas	0.448	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.28	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
17	Muhammad, M., et al. (2021)	Vegetales	0.033	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.01	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	30.3%
18	Tang, B., et al. (2020)	Col	0.787	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.221	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	50.9%
19	Math-Alvarez, J., et al. (1993)	Vegetales y frutas	1.034	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.517	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%

(Continúa)

(Continuación)

Paper	Título/autor	Material	Biogás	Unidad	Metano	Unidad	%
20	Yang, L., & Cosolini, S. I. (2019)	Vegetales	0.786	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.49098	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
21	Boualy, V., et al. (2020)	Vegetales	0.817	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.46569	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	57.0%
22	Velmaragan & Alwar Ramanajum (2011)	Vegetales	0.59	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.3835	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	65.0%
23	Dhanalakshmi et al. (2015)	Vegetales	0.721	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.4326	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	60.0%
24	Gladchenko, M., et al. (2017)	Vegetales	0.5912	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.3695	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
25	Pavi, S., et al. (2017)	Vegetales	0.35	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.27545	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	78.7%
26	Edwiges, T., et al. (2018)	Vegetales	0.6032	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.377	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
27	Labatut et al. (2011)	Col	0.4112	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.257	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	62.5%
28	Scano, E., et al. (2014)	Vegetales	0.78	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.43	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	55.1%
29	Maile et al. (2016)	Vegetales y frutas	0.545	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.3	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	55.0%
30	Li et al. (2019)	Verduras	0.207	m <sup>3</sup> biogas/kg	0.1205154	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg	58.2%

# OPTIMIZACIÓN SOSTENIBLE EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA PYME DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL INTEGRANDO LAS HERRAMIENTAS DE LEAN GREEN Y ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>tesis.pucp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>3</b>	<b>campussaludable.uc.cl</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>oa.upm.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.theibfr.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.ulima.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>